



TUGAS AKHIR - TE 141599

**IMPLEMENTASI *ROUTING* PROTOKOL *WIRELESS*
SENSOR *NETWORK* PADA MIKROKONTROLER
BERBASIS EFISIENSI DAYA**

IFA AFIDAH ROSULIYA
NRP 2213 105037

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Wirawan, DEA.
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

**IMPLEMENTATION ROUTING PROTOCOL WIRELESS
SENSOR NETWORK OF MICROCONTROLLER BASED
ON POWER EFFICIENCY**

Ifa Afidah Rosuliya
NRP 2213 105037

Supervisors
Dr. Ir. Wirawan, DEA.
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**IMPLEMENTASI ROUTING PROTOKOL
WIRELESS SENSOR NETWORK PADA
MIKROKONTROLER BERBASIS EFISIENSI DAYA**

TUGAS AKHIR


**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

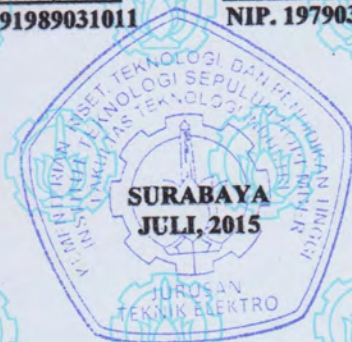
Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Ir. Wirawan, DEA.
NIP. 196311091989031011


Dr. Istas Pratomo, ST, MT
NIP. 197903252003121001



IMPLEMENTASI ROUTING PROTOKOL WIRELESS SENSOR NETWORK PADA MIKROKONTROLER BERBASIS EFISIENSI DAYA

Ifa Afidah Rosuliya
2213 105 037

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Wirawan, DEA.
Dosen Pembimbing II : Dr. Istas Pratomo, ST., MT.

ABSTRAK

Salah satu Jaringan nirkabel yang sekarang berkembang pesat yakni *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN ini terdiri dari sensor, mikrokontroler dan jaringan radio sebagai koneksi datanya. WSN ini memerlukan *routing* protokol untuk pengiriman datanya. Kategori *routing* protokol pada WSN yang dapat diterapkan yakni Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH). LEACH merupakan algoritma efisiensi energi kluster hirarkis LEACH membagi jaringan menjadi beberapa cluster sensor. Untuk *routing* yang akan dibangun ini merupakan penyederhanaan dari karakteristik LEACH. Mengingat bahwa penggunaan energi dari sensor tergantung pada jarak, sehingga pada *routing* ini akan mempertimbangkan nilai dari RSSI setiap untuk pemilihan dari cluster head. Pada Tugas Akhir ini *protocol routing* akan diimplementasikan langsung ke sensor. Dimana terdiri dari 3 sensor yang menggunakan mikrokontroller dan datanya menggunakan teknologi *zigbee*. Diperoleh hasil dari *routing* adalah efisiensi energi dari dari pancar untuk keberhasilan pengiriman data dengan nilai RSSI yang paling kuat. Pada *routing* protokol ini akan berhasil bila penempatan posisi nodenya linier dengan node server.

Kata Kunci : WSN, Routing, LEACH, Zigbee, RSSI



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

IMPLEMENTATION ROUTING PROTOCOL WIRELESS SENSOR WIRELESS OF MICROCONTROLLER BASED ON POWER EFFICIENCY

Ifa Afidah Rosuliya
2213 105 037

Supervisor I : Dr. Ir. Wirawan, DEA.
Supervisor II : Dr. Istas Pratomo, ST., MT.

ABSTRACT

One of the wireless wirelessss are now rapidly expanding the Wireless Sensor Wireless (WSN). WSN consists of sensors, mikrokontroler and radio wireless as the data connection. This requires WSN routing protocol for data transmission. Category on routing protocols WSN that can be applied to the Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH). LEACH is a hierarchical cluster algorithm LEACH energy efficiency divide the wireless into several clusters of sensors. For routing that will be built is a simplification of the characteristics of LEACH. Given that the energy use of the sensor depends on the distance, so the routing will consider the value of RSSI for the election of cluster head. At this Final project routing protocol will be implemented directly into the sensor. Which comprises three sensor that uses a microcontroller and data using Zigbee technology. Obtained results of routing is the energy efficiency of the jet to the successful delivery of data with the strongest RSSI value.

Keyword : WSN, Routing, LEACH, Zigbee, RSSI



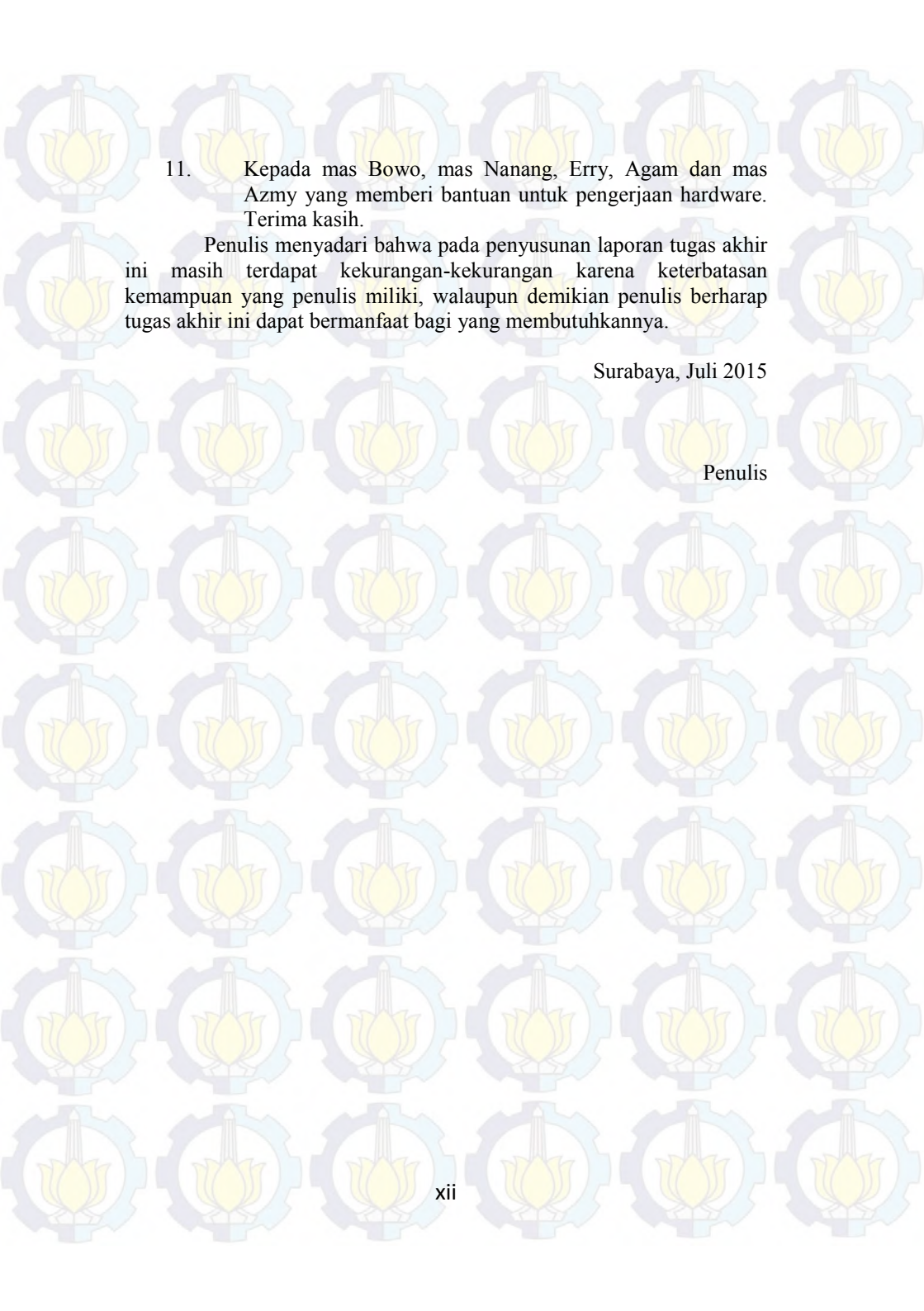
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul **“IMPLEMENTASI ROUTING PROTOKOL WIRELESS SENSOR NETWORK PADA MIKROKONTROLER BERBASIS EFISIENSI DAYA”**. Tugas akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak sehinggalah kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Nunung Suheri dan Ibunda Nita Andriyani yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Wirawan dan Bapak Istas Pratomo selaku Dosen Pembimbing atas segala bantuan, perhatian, dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Endroyono selaku Koordinator Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro ITS.
4. Bapak Tri Arief Sardjono selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen bidang studi Telekomunikasi Multimedia, Teknik Elektro ITS.
6. Pakde Askan yang selalu mendampingi dalam perangkaian hardware.
7. Rekan-rekan LJ ganjil 2013 yang secara tidak langsung selalu mensupport.
8. Rekan – rekan Telekomunikasi Multimedia.
9. Teman-teman seperjuangan B304, mila, nadia, fadil, najmi, mas dani, indah mbak rina yang selalu ada mendengarkan keluh kesah.
10. Tim Jaringan Sensor Nirkabel, Silvi, Fadli dan Naufal yang saling membantu jika ada kesulitan ditekhnis.

- 
11. Kepada mas Bowo, mas Nanang, Erry, Agam dan mas Azmy yang memberi bantuan untuk pengerjaan hardware. Terima kasih.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

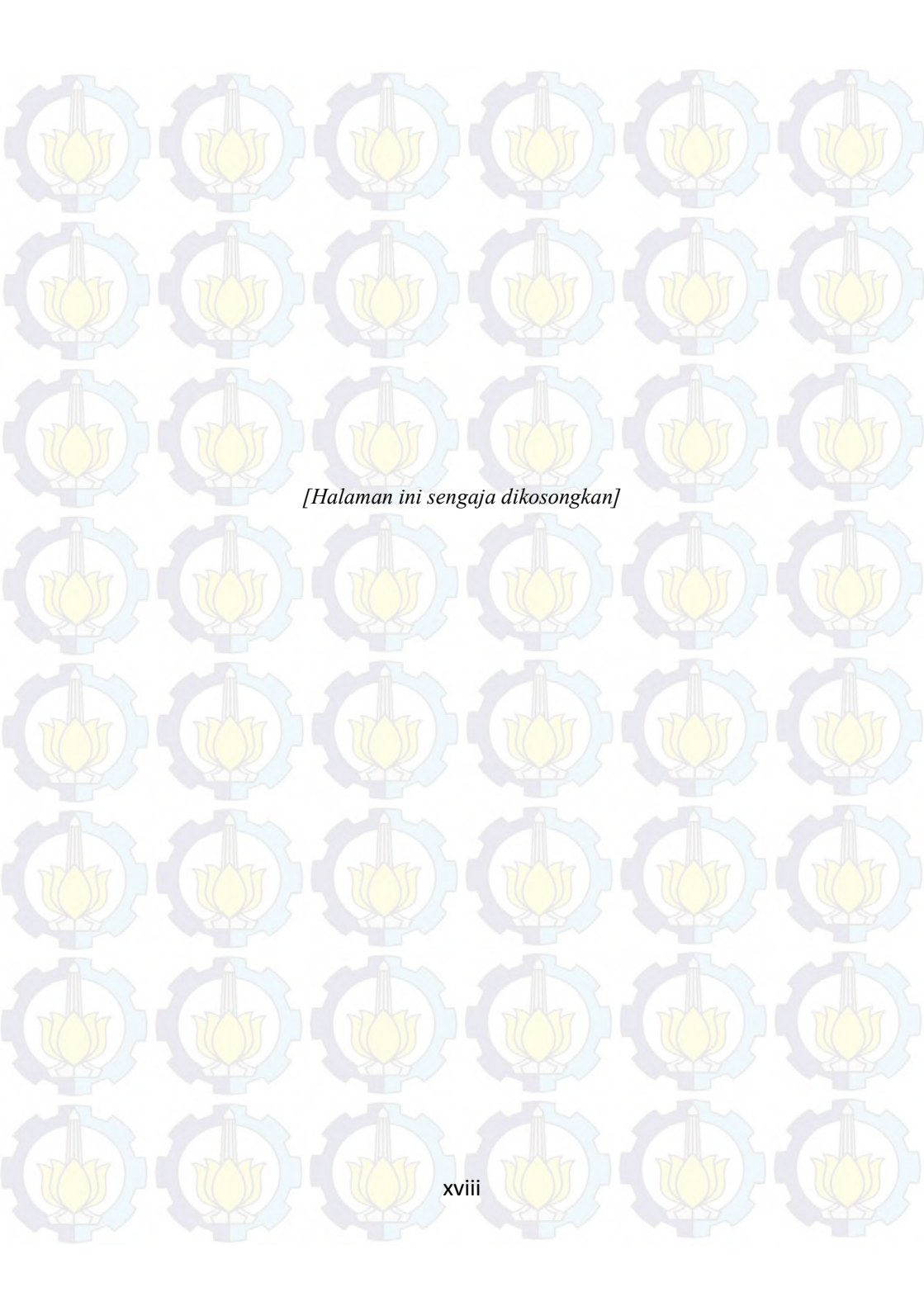
DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| Daftar Gambar..... | xv |
| Daftar Tabel..... | xvii |
| 1 BAB 1..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 2 |
| 1.5 Metodologi..... | 2 |
| 1.6 Sistematika Pembahasan..... | 3 |
| 1.7 Relevansi..... | 4 |
| 2 BAB 2..... | 5 |
| 2.1 Jaringan Sensor Nirkabel..... | 5 |
| 2.1.1 Karakteristik Jaringan Sensor Nirkabel..... | 7 |
| 2.1.2 Infrastruktur Jaringan Sensor Nirkabel..... | 7 |
| 2.1.3 Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel..... | 8 |
| 2.1.4 Kendala pada Node Sensor..... | 9 |
| 2.1.5 Standart <i>Wireless Sensor Wireless</i> | 10 |
| 2.2 Energi Pada <i>Wireless Sensor Networ</i> | 12 |
| 2.2.1 Manajemen Daya dan Efisiensi Energy..... | 13 |
| 2.2.2 Protokol MAC..... | 14 |
| 2.3 <i>Routing</i> Protokol..... | 14 |
| 2.5.1 <i>Hierarchical Routing</i> | 15 |
| 2.4 Mikrokontroler..... | 18 |
| 2.5 <i>Zigbee</i> 802.15.4..... | 19 |
| 2.6.1 Perangkat <i>Zigbee</i> | 19 |
| 2.6.2 AT Communicationmode..... | 22 |
| 2.6 Sensor..... | 23 |
| 2.6.1 Sensor Arus..... | 23 |
| 2.6.2 Sensor Tegangan..... | 24 |
| 2.7 <i>Power Supply</i> | 24 |
| 3 BAB 3..... | 27 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Arsitektur Perencanaan | 27 |
| 3.2 | Perancangan <i>Routing</i> | 28 |
| 3.3 | Perancangan Hardware | 29 |
| 3.3.1 | Sensor Arus | 29 |
| 3.3.2 | Sensor Tegangan | 30 |
| 3.3.3 | Rangkaian Akki | 31 |
| 3.4 | Perancangan Software | 31 |
| 3.4.1 | Konfigurasi Jaringan XBee | 32 |
| 3.4.2 | Konfigurasi Node | 34 |
| 3.5 | Perancangan dan Pembuatan Protokol | 37 |
| 4 | BAB 4 | 39 |
| 4.1 | Pengujian Sensor Arus | 40 |
| 4.1.1 | Peralatan Pengujian | 40 |
| 4.1.2 | Skema Pengujian | 41 |
| 4.1.3 | Prosedur Pengujian | 41 |
| 4.2 | Pengujian Kapasitas Aki | 42 |
| 4.2.1 | Peralatan Pengujian | 42 |
| 4.2.2 | Skema Pengujian | 42 |
| 4.2.3 | Prosedur Pengujian | 43 |
| 4.2.4 | Data Pengujian | 43 |
| 4.2.5 | Analisa Pengujian Aki | 43 |
| 4.3 | Pengujian Kinerja Xbee | 45 |
| 4.3.1 | Pengujian RSSI Terhadap Jarak | 45 |
| 4.3.2 | Pengujian Xbee Terhadap Power Level | 48 |
| 4.3.3 | Pengujian Konsumsi Daya pada Xbee | 49 |
| 4.4 | Pengujian Algoritma <i>Routing</i> | 52 |
| 4.4.1 | Prosedur Pengujian | 52 |
| 4.4.2 | Data pengujian | 53 |
| 5 | BAB 5 | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |
| 5.2 | Saran | 60 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 61 |
| | BIOGRAFI PENULIS | 63 |
| | LAMPIRAN | 65 |
| | A. Listing Program Arduino Node Sensor | 65 |
| | B. Table Pengukuran Kapasitas Aki | 70 |
| | C. Lembar Pengesahan | 73 |

Daftar Tabel


| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Pembagian Kanal Protocol Zigbee..... | 12 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi dari Mikrokontroler | 18 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Xbee..... | 20 |
| Tabel 2. 4 Deskripsi Pin Sensor Arus ACS712..... | 24 |
| Tabel 3. 2 Kondisi Power Level pada Xbee | 33 |
| Tabel 3. 3 ID Setiap Node | 37 |
| Tabel 4. 1 Nilai Redaman Beberapa Material Penghalang ... | 40 |
| Tabel 4. 2 Penggunaan Arus pada Aki | 44 |
| Tabel 4. 3 RSSI Terhadap Jarak Kondisi pada <i>Outdoor</i> | 46 |
| Tabel 4. 4 RSSI Terhadap jarak kondisi <i>indoor</i> | 46 |
| Tabel 4. 5 Pengujian Power Level Terhadap jarak..... | 48 |
| Tabel 4. 6 Pengukuran Efisiensi Daya pada Jaringan Sensor Nirkabel..... | 51 |
| Tabel 4. 7 Data Setiap Node Perpindahan ke 1 | 54 |
| Tabel 4. 8 Data Setiap Node Perpindahan ke 2 | 56 |
| Tabel 4. 9 Data Setiap Node Perpindahan ke 3 | 57 |



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Daftar Gambar

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Sekenario WSN | 6 |
| Gambar 2. 2 Infrastruktur <i>Wireless</i> Sesnor <i>Wireless</i> | 8 |
| Gambar 2. 3 Komponen Perangkat WSN..... | 8 |
| Gambar 2. 4 IEEE 802..... | 10 |
| Gambar 2. 5 Layer-Layer IEEE 802.15.4 dan <i>Zigbee</i> | 11 |
| Gambar 2. 6 Pembagian Kanal Frekuensi | 11 |
| Gambar 2. 7 Klasifikasi <i>Routing</i> Protocol..... | 15 |
| Gambar 2. 8 Clustering Dengan Single Hop (kiri) dan Clustering Dengan Multi Hop (kanan) | 16 |
| Gambar 2. 9 Arsitektur <i>Routing</i> Protocol LEACH..... | 17 |
| Gambar 2. 10 Contoh Tampak Atas Arduino | 19 |
| Gambar 2. 11 Xbee Module Berprotokol <i>Zigbee</i> | 20 |
| Gambar 2. 12 Aturan AT Commands..... | 22 |
| Gambar 2. 13 Functional Blok Diagram..... | 23 |
| Gambar 2. 14 Rangkaian Pembagi Tegangan..... | 24 |
| Gambar 2. 15 Gambaran Aki..... | 25 |
| Gambar 3. 1 Metodologi Pengerjaan Sistem Monitoring | 27 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Algoritma <i>routing</i> | 28 |
| Gambar 3. 3 Sensor Arus dengan Rangkaian Pengkondisian Sinyal..... | 29 |
| Gambar 3. 4 Rangkaian Sensor Tegangan..... | 30 |
| Gambar 3. 5 IC 17808 | 31 |
| Gambar 3. 6 Proses pada Node..... | 34 |
| Gambar 4. 1 Blok Diagram Pengujian..... | 39 |
| Gambar 4. 2 Denah Laboratorium B306 dan B304 | 40 |
| Gambar 4. 3 Rangkaian Pengujian Sensor Arus..... | 41 |
| Gambar 4. 4 Rangkaian Pengujian Kapasitas Aki | 42 |
| Gambar 4. 5 Rangkaian Charge Aki..... | 44 |
| Gambar 4. 6 RSSI Terhadap Jarak Pengukuran di <i>Outdoor</i> | 47 |
| Gambar 4. 7 RSSI Terhadap Jarak Pengukuran di <i>Indoor</i> | 47 |
| Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran Power Level Terhadap Jarak | 49 |
| Gambar 4. 9 Penyebaran Node pada Ruang | 53 |
| Gambar 4. 10 Router yang Dipilih Node 3..... | 54 |
| Gambar 4. 11 Perpindahan Node..... | 55 |
| Gambar 4. 12 Router yang Dipilih Node 2..... | 55 |
| Gambar 4. 13 Perpindahan Node..... | 56 |
| Gambar 4. 14 Router yang Dipilih Node 3..... | 57 |



[Halaman ini sengaja dikosongkan]



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang rawan akan bencana alam yang dikarenakan letak geografis Indonesia. Sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat mendeteksi adanya suatu bencana alam yang diletakkan pada titik-titik daerah rawan bencana. Maka diperlukan sensor yang dapat mendeteksi adanya bencana tersebut.

Sistem ini disebut *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN ini berupa suatu sensor sebagai pendeteksi yang pengirimannya dilakukan secara *wireless*. Beberapa sensor ini di terbar secara acak pada daerah rawan bencana. dan setiap sensor ini saling terkoneksi dan terhubung dengan BTS sebagai pengumpul datanya. Penyebaran sensor secara acak ini pada jarak tertentu. Dimana kendala dari WSN ini adalah sumber daya yang rendah. Karena untuk *routing* data yang menempuh jarak yang jauh memerlukan daya yang besar. Maka diperlukan suatu *routing* protokol yang memerlukan daya yang seefisien mungkin.

Routing protokol yang ditawarkan untuk efisiensi daya ini adalah Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) adalah algoritma efisiensi energi kluster hirarkis yang pertama dan populer untuk WSN yang diusulkan untuk mengurangi konsumsi daya. LEACH membagi jaringan menjadi beberapa cluster sensor. Mengingat bahwa penggunaan energi dari sensor tergantung pada jarak dan ukuran data yang akan dikirimkan, LEACH mengirimkan data pada jarak pendek dan mengurangi jumlah transmisi dan operasi penerimaan. Syarat untuk menjadi cluster head adalah sensor yang memiliki daya yang paling besar karena hanya cluster head ini yang akan terkoneksi langsung ke BTS[1].

Routing protokol ini akan di implementasikan pada sensor yang menggunakan perangkat arduino uno sebagai mikrokontroler, menggunakan beberapa sensor dan menggunakan *zigbee* sebagai protokol komunikasinya yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz.

Pengurangan daya pada WSN ini cukup efektif dengan menggunakan *routing* protokol seperti ini. Sehingga tidak perlu daya yang besar.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir adalah :

1. Apakah perancangan *routing* WSN berbasis *low energy* pada mikrokontroler dapat diterapkan ?
2. Mengetahui kondisi daya *supply* setiap node
3. Kinerja jaringan sensor nirkabel terdapat obstacle.
4. Kinerja sensor arus dan tegangan terhadap kapasitas batrei

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler menggunakan arduino uno
2. Perangkat radio menggunakan xbee series 2
3. Node berjumlah 3 dengan 1 server
4. *Routing* yang diimplementasikan *low energy*
5. Mengetahui kapasitas batrei dengan sensor arus dan tegangan

1.4 Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah implementasi dan evaluasi kinerja *routing* protokol *wireless* sensor *wireless* berbasis efisiensi daya dengan memantau kondisi daya supply setiap node, menganalisa kinerja jaringan sensor terhadap obstacle dan pemantauan kapasitas batrei dengan menggunakan sensor arus dan tegangan.

Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir diharapkan dapat memberikan manfaat untuk perancangan jaringan *wireless* sensor *wireless* yang *low energy* .

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

- Studi literatur
Mencari dan mempelajari beberapa paper dan jurnal. Pada tahap ini akan dipelajari bagaimana membangun sebuah jaringan monitoring pemakaian air tersebut.
- Perancangan Sistem *Routing Wireless Sensor Wireless*
Dalam perancangan ini perlu dilakukan desain sistem jaringan komunikasi sensor nirkabel yang dimana terdiri dari berbagai

komponen yaitu node sensor, koordinator, dan *Graphical User Interface*. Pada perancangan ini akan merancang sistem *routing* protokol yang desainnya merupakan penyederhanaan dari *routing* protokol *LEACH*.

- **Analisis Data**
Pada tahapan ini merupakan tahap pengambilan data. Hal ini dilakukan untuk mengetahui guna dianalisis data kinerja *routing* protokol dengan *low energy*.
- **Penarikan Kesimpulan**
Analisis data yang telah didapatkan akan digunakan untuk penarikan kesimpulan.
- **Pembuatan Laporan**
Tahap ini merupakan tahap akhir dari serangkaian pelaksanaan tugas akhir. Penyusunan buku tugas akhir dilakukan sebagai bentuk laporan tertulis dari proses dan hasil kerja terkait topik yang diusulkan

1.6 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka mengenai perkembangan jaringan sensor nirkabel serta memaparkan konsep tentang *routing* protokol pada *wireless sensor wireless*.

Bab III Perancangan Sistem Monitoring

Pada bab ini dijelaskan perancangan untuk implementasi Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan metode *routing* protokol. *Routing* protokol yang dibangun ini merupakan *routing* protokol yang berdasarkan penyederhanaan dari *routing* protokol *LEACH*.

Bab IV Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini berisi pengolahan data perancangan dari sistem *routing* protokol dimana data agardapat dianalisis untuk memudahkan dalam menarik kesimpulan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.

1.7 Relevansi

Hasil dari yang didapat pada tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat dan solusi untuk implementasi jaringan sensor *wireless* dengan *low energy*, yang dapat diletakkan pada daerah yang susah dijangkau dengan listrik. sistem monitoring efisiensi daya ini menggunakan metode *routing* protokol berbasis efisiensi energi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Sensor Nirkabel

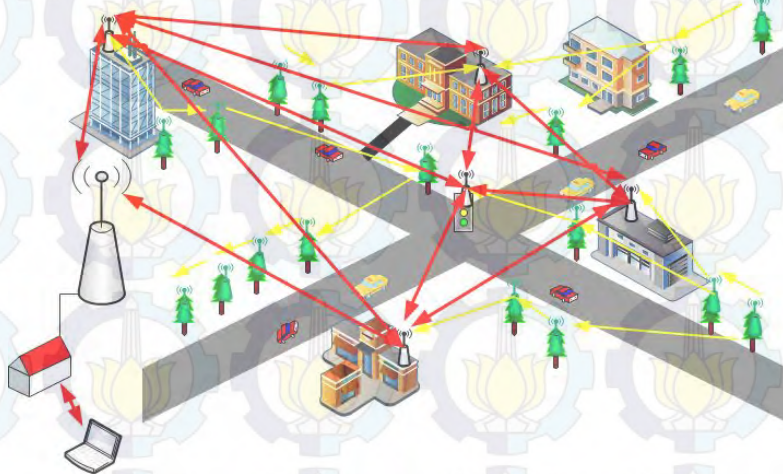
Wireless sensor *wireless* merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari sensor, mikrokontroler, *power supply* dan perangkat radio sebagai pengirim datanya. Jumlah dari node sensor ini mencapai ribuan yang tersebar secara random. Penempatan sensor kebanyakan pada daerah-daerah yang rawan bencana. Sehingga sensor node harus kompatibel di daerah seperti tersebut. Daerah yang rawan bencana merupakan daerah yang memiliki karakteristik berbeda dengan daerah lain. Salah satu kondisi daerah yang rawan gempa adalah keterbatasan sumber listrik, kestabilan tanah, kondisi daerah yang mempengaruhi pengiriman data (obstacle) dan daerah yang susah untuk dijangkau. Karena itu sensor tidak hanya bertanggung jawab untuk pengumpulan data saja, tetapi juga untuk menganalisa jaringan dan fusi data diri sendiri dan data dari node sensor lain.

Jaringan sensor ini harus pandai membaca kondisi yang di sensing. Selain itu juga node sensor harus memiliki kepekaan atau sensitivitas yang tinggi. Pada node sensor tidak hanya berkomunikasi dengan sesama sensor melainkan dengan basestation yang menggunakan jaringan radio nirkabel. Pada basestation dilakukan analisa, monitoring dan penyimpanan data hasil sensing.

Sensor yang digunakan juga bermacam-macam tergantung kebutuhan yang akan di sensing. Contoh-contoh sensor, misalkan sensor humidity untuk mensensing kelembapan, sensor temperatur untuk mensensing suhu, sensor arus untuk mensensing arus pada rangkaian listrik dll. Setiap sensor ini memiliki kemampuan untuk berkomunikasi misalkan, menggunakan teknologi ultrasound, infrared atau frekuensi radio dengan kecepatan dan latency berbeda-beda. Kemampuan sensor melakukan sensing, pengiriman data dengan bandwidth dan kapasitas yang berbeda ini menyebabkan konsumsi energi yang sangat besar sedangkan sensor node ini harus diletakkan pada daerah yang minim sumber listrik. maka harus melakukan cara agar konsumsi energi rendah tetapi tidak mempengaruhi data yang diterima pada basestation.

Setiap kasus penempatan sensor dapat diletakkan pada daerah yang luas. Setiap sensor mencakup wilayah beberapa hektar dan dapat berkomunikasi dengan sensor di sekitarnya. Node sensor

mengumpulkan data atmosfer (suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan angin dan arah) dan menganalisis suasana tertentu untuk mendeteksi partikel (misalnya abu). Setiap sensor dilengkapi dengan perangkat GPS untuk mengetahui posisi geografis, disajikan dalam hal derajat lintang dan bujur. Secara berkala, sensor melakukan pertukaran data dengan node tetangga untuk mendeteksi sesuatu yang dapat menyebabkan suatu peristiwa, misalnya dimana api dimulai (misalnya suhu di sensor jauh lebih tinggi dibandingkan dari tetangga). Data ini rutin dikumpulkan dan disebar di seluruh jaringan dan dapat dikumpulkan oleh operator eksternal untuk mengumpulkan data atmosfer (misalnya untuk memeriksa kualitas udara). Prosedur darurat dimulai dari: node sensor yang mendeteksi kondisi abnormal berkomunikasi dengan tetangganya untuk memverifikasi apakah kondisi yang sama telah terdeteksi oleh sensor lain, kemudian node tersebut mencoba untuk secara akurat menentukan posisi geografis daerah yang bahaya (jika situasi yang sama telah terdeteksi oleh sensor lain, hal ini dapat dicapai dengan menggunakan teknik triangulasi. Setelah posisi api telah ditentukan, pesan yang berisi alarm kebakaran koordinat geografis dan (kemungkinan) arah propagasi yang disebar, dikirimkan dengan maksimum prioritas. Dengan cara ini, operator/sink dapat langsung bertindak.



Gambar 2. 1 Sekenario WSN

2.1.1 Karakteristik Jaringan Sensor Nirkabel

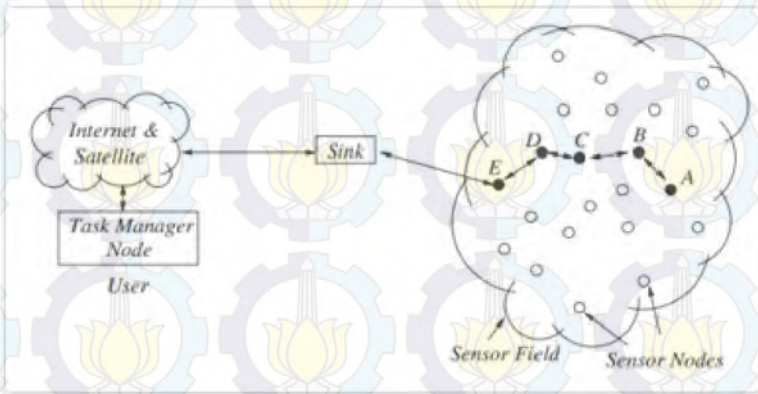
Suatu jaringan sensor yang handal memiliki beberapa karakteristik. Berikut merupakan karakteristik sebuah jaringan sensor:

- Ukuran yang kecil=> sensor ditempatkan pada daerah yang rawan terjadi bencana dengan jumlah node sensor yang banyak, dengan mengurangi ukuran node dapat mempermudah penempatan node sehingga dapat mengurangi konsumsi daya.
- Low limited power => sebuah node dioptimalkan untuk penggunaan konsumsi daya. karena penempatan node tidak memungkinkan untuk pengisian daya terus menerus.
- Low cost => disain node diharapkan sesederhana mungkin tetapi fungsinya dapat tercapai sehingga diharapkan menggunakan biaya yang rendah.
- Self organizing => Dalam jaringan sensor, setelah ditempatkan, sensor node harus dapat secara mandiri mengorganisir ke dalam sebuah jaringan komunikasi dan mengkonfigurasi konektivitas dalam perubahan topologi.
- Tipe layanan => node akan mengirim data dan data tersebut merupakan data sensor. sensor yang digunakan tergantung dari layanan yang diinginkan.
- Keandalan => suatu node dirancang untuk menyediakan kontrol data dan pembetulan bila terjadi kesalahan dalam mekanisme pengiriman.
- Lifetime => umur sebuah node harus lama sehingga harus diperhitungkan setiap komponennya agar tidak terjadi kerusakan.

2.1.2 Infrastruktur Jaringan Sensor Nirkabel

Infrastruktur dari *wireless* sensor *wireless* terdiri dari beberapa komponen yang terlihat pada gambar 2.2. yang terdiri dari :

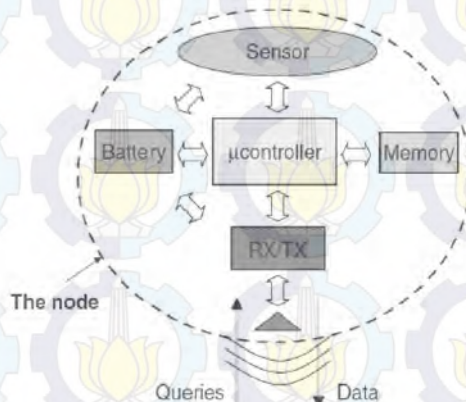
1. Node => elemen utama pada wsn karena fungsi utama pada wsn di lakukan oleh node ini seperti sensing, processing dan komunikasi.
2. Sensor => perangkat yang akan mensensing suatu kejadian.
3. Gateway => penghubung antara node dengan basestation.



Gambar 2. 2 *Infrastuktur Wireless Sensor Wireless*

2.1.3 **Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel**

Sebuah node sensor harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi target sehingga perangkat/komponen yang menyusun harus pintar dan dapat mengumpulkan informasi dari kondisi target. Komponen yang menyusun sebuah node tampak seperti pada gambar2.3 berikut :



Gambar 2. 3 *Komponen Perangkat WSN*

Pada gambar 2.3 terlihat komponen penyusun sebuah node yang terdiri dari :

1. *Sensing*, Unit *sensing* biasanya terdiri dari dua subunit: sensor dan konverter analog ke digital (ADC). Sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor berdasarkan fenomena yang diamati kemudian dikonversi ke sinyal digital oleh ADC.
2. Microcontroller, sebuah processor yakni otak dari sebuah node. Semua data hasil sensing akan diolah, diterjemahkan. Di microcontroller ini juga terdapat memory untuk penyimpanan data program control atau data sensing.
3. Radio transceiver, sebuah perangkat yang digunakan untuk mengirim data melalui media nirkabel yang akan menghubungkan node dengan basestation.
4. *Power supply*, *Power supply* dapat didukung oleh unit daya seperti sel surya, battery dll.

2.1.4 Kendala pada Node Sensor

Suatu node sensor memiliki keterbatasan dalam penggunaan energy. Keterbatasan ini harus diatasi karena sebuah node sensor diletakkan ditempat yang ketersediaan energi yang sedikit. Kendala yang dihadapi oleh sensor node yakni :

1. Jarak antar node atau dengan basestation. Jarak node yang jauh mengakibatkan konsumsi energy yang banyak sehingga kendala ini dapat diatasi dengan *routing* yang berbasis hemat energy.
2. Ukuran data. Banyaknya data yang dikirimkan pada node sensor tergantung pada besar kecilnya ukuran data karena mempengaruhi bandwidth kanal. Kendala ini dapat diatasi dengan kompresi data tetapi tidak merusak data tersebut.
3. Idle listening. Sebuah kondisi radio beroperasi tapi tidak ada data berguna yang bisa diambil dari channel. Pendek kata, menyala disaat tidak terpakai. Ini bisa berakibat overhearing, yaitu mengolah/menerima data yang bukan untuknya.
4. Collision. Sebuah kondisi dimana terjadi tabrakan data dikarenakan node tidak mengetahui jadwal pengiriman

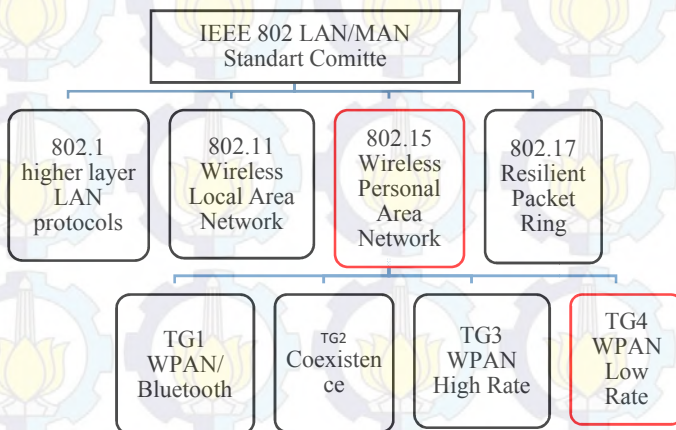
node tetangga. Sehingga membutuhkan energi lagi untuk mengirimkan data ulang.

2.1.5 Standart *Wireless Sensor Wireless*

WSN terdiri atas sejumlah besar titik sensor yang disebarkan ke suatu area tertentu untuk kepentingan penginderaan. Berbeda dari jaringan komputer yang biasa kita kenal (OSI Layers atau DoD), yang diutamakan oleh WSN adalah penghematan energi, karena biasanya WSN digunakan untuk penginderaan daerah-daerah yang tidak bisa dijangkau manusia dan pengisian ulang energi hampir mustahil.

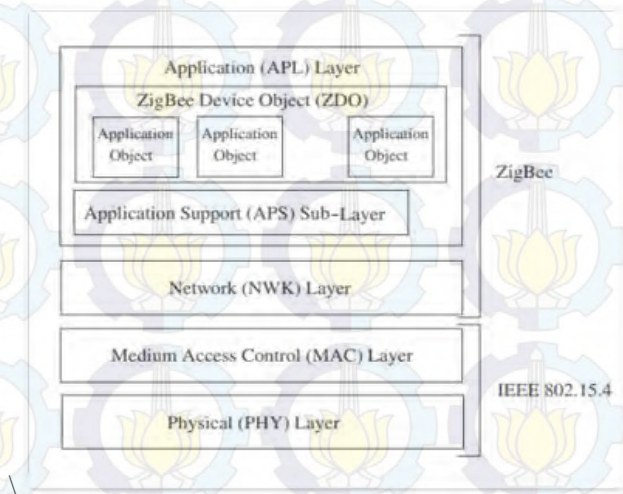
Banyak vendor yang bermunculan untuk menciptakan perangkat *Wireless Sensor Wireless*, maka sebuah standarisasi harus diciptakan untuk menjaga kompatibilitas arsitektur hardware dan software. WSN menggunakan standarisasi IEEE 802.15.4 yang merupakan standarisasi untuk teknologi *wireless* dengan datarate rendah (jarang mengirimkan data). Untuk komunikasi, sering digunakan band 2,4 GHz untuk wilayah global, 915 MHz untuk wilayah Amerika dan 868 MHz untuk wilayah Eropa.

Pemilihan standart pada IEEE 802.15.4 dikarenakan pada standart ini mengatur tentang jaringan nirkabel dengan rendah daya, seperti ditunjukkan pada gambar 2. 4 berikut :



Gambar 2. 4 IEEE 802

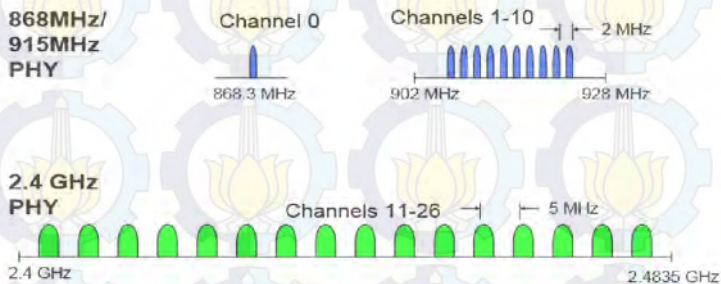
Salah satu standarisasi yang cocok dengan IEEE 802.15.4 dalam protocol stack adalah *Zigbee*. Dapat dilihat di gambar 2.5 di bawah ini :



Gambar 2. 5 Layer-Layer IEEE 802.15.4 dan *Zigbee*

Sesuai dengan gambar 2.5, untuk layer fisik dan media access control menggunakan IEEE 802.15.4 karena standar ini memang khusus untuk komunikasi *Wireless Personal Area Wireless*. Sementara bagian layer aplikasi dan *wireless* menggunakan standarisasi *Zigbee*.

Standar IEEE 802.15.4 menentukan dua lapisan fisik yang mencakup tiga pita frekuensi bebas lisensi yaitu :



Gambar 2. 6 Pembagian Kanal Frekuensi

Tabel 2. 1 Pembagian Kanal Protocol *Zigbee*

| Band | 868 MHz | 915 MHz | 2.4 GHz |
|-------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Frequency (MHz) | 868 – 868.6 | 902 – 928 | 2400 – 2483.5 |
| Chip rate | 300 | 600 | 2000 |
| Channel | 1 | 10 | 16 |
| Modulation | BPSK | BPSK | O-QPSK |
| Data rate (kb/s) | 20 | 40 | 250 |
| Symbol rate (ksymbol/s) | 20 | 40 | 62.5 |
| Symbol type | Binary | Binary | 16-ary orthogonal |

2.2 Energi Pada *Wireless Sensor Networ*

Energy yang dibutuhkan sebuah node tergantung pada beban yang ditanggung oleh node itu sendiri. Sebuah node terdiri dari mikrokontroler, radio RF, sensor dan *power supply*. Setiap komponen ini pasti memiliki beban energy yang berbeda-beda. Akan dijelaskan satu persatu seperti berikut

1. Radio RF

Pada prinsipnya, energi yang dikonsumsi oleh pemancar adalah karena dua sumber , satu bagian adalah karena RF sinyal, yang sebagian besar tergantung pada modulasi yang dipilih dan jarak sasaran dan daya transmisi P_{tx} , yaitu kekuatan pancaran oleh antena. Bagian kedua adalah karena komponen elektronik yang diperlukan untuk sintesis frekuensi, konversi frekuensi, filter, mikrokontroler dan sebagainya.

Biaya ini pada dasarnya konstan. Salah satu keputusan yang paling penting ketika transmisi adalah daya pancar transmitter (P_{tx}). P_{tx} adalah fungsi dari aspek sistem seperti energi per bit terhadap noise E_b / N_0 , efisiensi bandwidth η_{BW} , jarak d dan path loss koefisien γ .

2. Mikrokontroler

Mikrokontroler ini memiliki beban yang besar karena pada mikrokontroler ini akan melakukan proses data layaknya sebuah otak. Mikrokontroler yang digunakan adalah

ATmega328 yang mengkonsumsi daya 45 mW saat aktif dan 13.5 mW saat idle.

3. Memori

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan on-chip memori biasanya termasuk dalam jumlah konsumsi daya yang diberikan untuk mikrokontroler.

Daya transmisi dihasilkan oleh amplifikasi dari pemancar. Konsumsi listrik sendiri tergantung pada arsitektur, tetapi untuk sebagian besar dari mereka, daya yang dikonsumsi tergantung pada daya yang dihasilkan. Dalam model yang paling sederhana, kedua nilai tersebut sebanding dengan satu sama lain, tapi ini terlalu menyederhanakan. Sebuah model yang lebih realistis mengasumsikan bahwa tingkat daya konstan tertentu selalu diperlukan terlepas dari daya terpancar, ditambah proporsional offset.

2.2.1 Manajemen Daya dan Efisiensi Energi

Masalah yang dihadapi oleh sebuah jaringan *wireless* sensor *wireless* adalah penggunaan konsumsi baterai. Sebagai baterai dianggap sebagai sumber energi dari WSN, banyak teknik yang sudah dikembangkan untuk permasalahan ini. Teknik yang dipergunakan setiap lapisan OSI untuk mengurangi konsumsi baterai sebagai berikut:

- a. Application layer: teknik pembagian beban setiap node yang diatur pada node central.
- b. Transport layer: Teknik untuk mengurangi transmisi paket loss.
- c. *Wireless* layer: Teknik yang digunakan adalah mengatur algoritma *routing*. Misalnya, teknik yang paling umum adalah *routing* yang multi-hop di mana setiap simpul diasumsikan router ketika data dikirim ke tujuan dan melewati rute terpendek. Selain itu ada teknik lain yakni agregasi data, pengurangan penggunaan overhead, dan penjadwalan waktu sleep pada node.
- d. Data link layer: Automatic Repeat Request (ARQ) dan Forward Error Correction (FEC) yang dikenal sebagai teknik yang paling umum untuk mengurangi transmisi overhead. Dalam ARQ, node *routing* yang secara otomatis meminta pengiriman ulang paket dari node sumber tanpa terlebih dahulu memerlukan node penerima untuk mendeteksi bahwa terdapat paket loss.

- e. MAC layer: Teknik utama adalah penjadwalan waktu sleep untuk mengurangi efek idle listening.
- f. Physical layer: pada layer fisik teknik yang digunakan adalah mengatur komponen hardware, misalnya efek kebocoran arus, sehingga diperlukan desain hardware yang tepat.

2.2.2 Protokol MAC

Pada jaringan sensor nirkabel ini dimungkinkan terjadinya penyebaran node baru node yang mati dan mobilitas. Transeiver pada setiap node akan melakukan aktivitas seperti transmit, sleep, idle dan receive. Saat kondisi transmit dan received energi yang dipergunakan lebih banyak dari pada saat kondisi idle dan sleep. Oleh karena itu pemborosan energi dapat terjadi saat kondisi sebagai berikut:

- a. Collisions : Merupakan kondisi tabrakan pada saat trafik yang sangat padat. dengan demikian dapat mengakibatkan paket loss. Collisions dapat dihindari dengan cara mengatur penjadwalan pengiriman paket setiap node.
- b. Overhearing : Pada protokol MAC menyebabkan penambahan overhead yakni paket RTS dan CTS.
- c. Idle listening : Kebanyakan modem radio dikondisikan dalam mode siaga. Kondisi ini akan memerlukan energi yang lebih banyak dan terjadi pemborosan. Solusi yang dapat dilakukan adalah melakukan penjadwalan waktu untuk sleep.

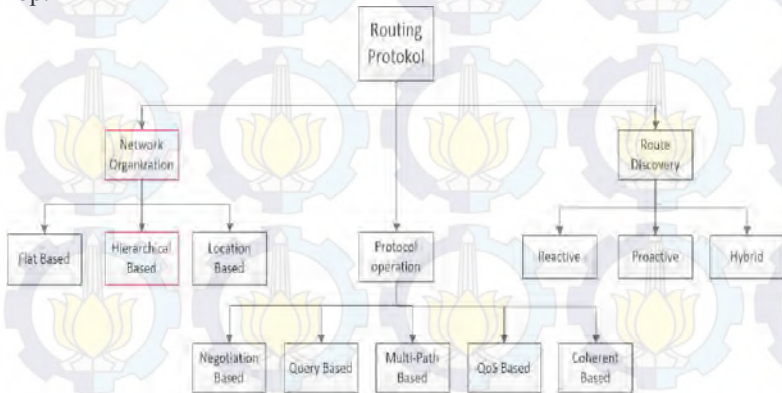
2.3 Routing Protokol

Sebuah Jaringan sensor terdiri dari beberapa node yang disebar, yang pada umumnya paket data transit melewati beberapa node sebelum akhirnya mencapai tujuan. *Routing* adalah langkah menentukan path (jalur) yang harus diikuti oleh sebuah paket untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Untuk melakukan hal ini, sejumlah faktor harus diperhitungkan. Cukup banyak protocol yang digunakan, misalnya DSDV, AODV, DSR, dan TORA. Protokol-protokol tersebut telah diusulkan untuk menjadi ad hoc tradisional pada jaringan nirkabel. Namun, protocol-protokol tersebut tidak cocok dengan fitur yang unik dan persyaratan aplikasi WSN.

Perancangan *routing* protokol untuk WSN adalah tugas yang menantang, yang telah menjadi fokus komunitas penelitian jaringan sensor pada masa lalu. Sebagai hasil dari penelitian, sejumlah *routing* protokol telah diusulkan. Protokol yang diusulkan menunjukkan ragam

tinggi, yang berasal dari kebutuhan beragam dari berbagai skenario aplikasi yang dibayangkan.

Pada *wireless sensor wireless*, data sensing yang ditampung pada setiap node akan dikirim ke basestation dimana data dapat di visualisasikan, dianalisa, dan dilakukan suatu reaksi dari data sensor. Untuk pengiriman tiap node langsung ke basestation dinamakan single hop.



Gambar 2. 7 Klasifikasi *Routing Protocol*

Suatu node juga dapat sebagai perantara (relay) untuk node yang lain ke basestation. Dimana node ini akan melakukan penerimaan data lalu data tersebut dikirim kembali ke basestation(forwading). Penentuan jalur ini juga tidak muda karena setiap node harus tau akan mengirim ke node yang mana. Kondisi seperti ini disebut *routing* karena setiap node akan mencari rute sendiri hingga mencapai gateway.

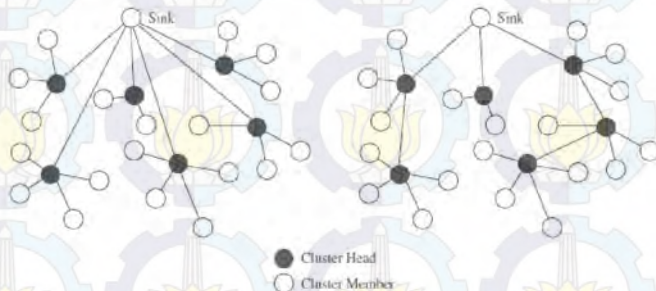
2.5.1 Hierarchical Routing

Protokol *routing* hierarkis berdasarkan pada pengelompokan node dalam cluster untuk mengatasi beberapa kelemahan dari protokol flat *routing*, terutama skalabilitas dan efisiensi. Ide utama di balik hirarkis *routing* yakni, bahwa node sensor berkomunikasi hanya secara langsung dengan node pemimpin dalam satu cluster, biasanya disebut sebagai cluster head. Cluster head tersebut, yang mungkin lebih kuat daripada node sensor, yang kemudian bertanggung jawab untuk menyebarkan data sensor ke sink. Pendekatan ini dapat secara signifikan mengurangi komunikasi dan energi beban pada node sensor, sementara

cluster head akan mengalami signifikan lalu lintas lebih dari node sensor biasa.

Tantangan dalam desain dan operasi dari protokol *routing* hierarkis termasuk pemilihan cluster head, pembentukan cluster, dan adaptasi terhadap dinamika jaringan seperti mobilitas. Dibandingkan dengan pendekatan flat *routing*, solusi hirarkis dapat mengurangi tabrakan di media nirkabel dan memfasilitasi duty cycle node sensor untuk meningkatkan efisiensi energi. Clustering juga dapat memfasilitasi proses *routing*, tetapi dapat menyebabkan rute yang lebih panjang daripada banyak protokol flat *routing*. Clustering juga memfasilitasi agregasi dalam jaringan data sensor, karena data yang berasal dari sensor yang cenderung melewati cluster head yang sama. Gambar 2.8 mengilustrasikan dua variasi pendekatan clustering. Ketika semua cluster head berkomunikasi secara langsung dengan node sink (grafik kiri), tantangan *routing* dikurangi menjadi masalah pembentukan klaster. Ketika kepala klaster tidak secara langsung berkomunikasi dengan sink (kanan grafik), berbasis klaster protokol *routing* juga harus membuat rute multi-hop dari semua cluster head ke sink.

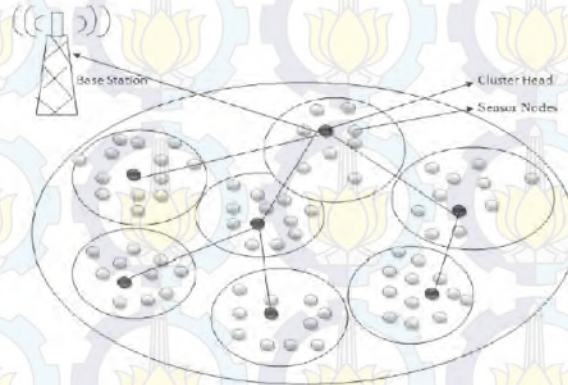
Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) protocol pertama yang berkonsentrasi pada konsumsi daya pada *wireless* sensor *wireless*. Konsumsi daya pada protocol ini memiliki beban yang seimbang. LEACH adalah cluster-based protocol. LEACH memilih node dalam setiap cluster yang bertugas sebagai jembatan dengan basestation yakni clusterhead (CH).



Gambar 2. 8 Clustering Dengan Single Hop (kiri) dan Clustering Dengan Multi Hop (kanan)

LEACH memilih cluster head secara acak setiap cluster. CH kemudian mem-broadcast ke node tetangga dengannya untuk bergabung

dalam satu cluster berdasarkan kuat sinyal. CH kemudian membuat jadwal Time Division Multiple Access (TDMA) untuk node-node yang menjadi anggotanya. Komunikasi antara cluster yang berbeda dilakukan melalui CH dengan cara Code Division Multiple Access (CDMA).



Gambar 2. 9 Arsitektur *Routing Protocol LEACH*

CH mengumpulkan data dalam satu kelompok dan menentukan selang waktu sebelum mengirimkannya ke basestation (BS). Setelah selang waktu ditentukan, langkah pembentukan cluster diulang sehingga node yang berbeda diberikan kesempatan untuk menjadi CH, dan konsumsi energi sehingga merata. Gambar 2.9 menunjukkan desain clustering pendekatan LEACH.

Pada penghematan energi pada jaringan *routing* ini sebaiknya menggunakan sistem clustering. Meskipun secara keseluruhan dilakukan penghematan energi yang signifikan, namun LEACH mengasumsikan bahwa semua node dapat berkomunikasi satu sama lain dan dapat mencapai sink (oleh karena itu, hanya cocok untuk jaringan yang berukuran kecil). LEACH mengasumsikan bahwa semua node mempunyai data untuk dikirim dan menetapkan slot waktu untuk node-node meskipun beberapa diantaranya mungkin tidak memiliki data untuk dikirimkan, LEACH menganggap bahwa semua node terdekat memiliki data yang berkorelasi yang mungkin tidak selalu benar. Pada *routing* LEACH ini diperlukan semua node dalam kondisi terus mendengarkan (ini tidak realistis dalam distribusi acak dari sensor node, misalnya, di mana Cluster Head (CH) akan terletak di tepi jaringan), tidak ada mekanisme untuk memastikan bahwa cluster head

yang terpilih akan lebih merata pada suatu jaringan (maka, ada kemungkinan bahwa semua CH akan terkonsentrasi disalah satu bagian dari jaringan).

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang dipergunakan pada proyek ini menggunakan arduino uno rev 3. Pada mikrokontroler ini menggunakan ATmega 328. Board ini memiliki terdiri dari 14 pin digital I/O (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik dan tombol reset. Pada board untuk supply dapat terhubung ke komputer dengan kabel USB atau bisa didapat dari adaptor AC – DC atau baterai.

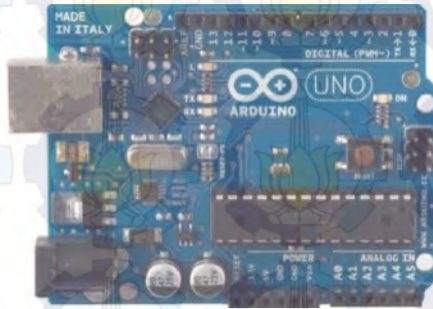
Pada jenis mikrokontroler arduino uno rev 3 ini untuk konverter USB-to-serial menggunakan ATmega 16U2 dimana untuk yang jenis terdahulu menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial.

Board Arduino Uno memiliki fitur – fitur baru sebagai berikut :

1. pinout : Terdapat pin SDA dan SCL yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan I/O REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem.
2. Sirkuit reset
ATmega 16U2 ganti 8U yang digunakan sebagai konverter USB-to-serial.

Tabel 2. 2 Spesifikasi dari Mikrokontroler

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Mikrokontroler | ATmega328 |
| Operating voltage | 5V |
| Input voltage (recommended) | 7-12 V |
| Input voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O pins | 14(of which 6 provide PWM output) |
| Analog input pins | 6 |
| DC current per I/O pins | 40 mA |
| DC Current for 3.3 v pin | 50 mA |
| Flash memory | 32 KB |
| SRAM | 2KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Clock speed | 16 MHz |



Gambar 2. 10 Contoh Tampak Atas Arduino

Mikrokontroler dapat digunakan untuk memproses data dari sensor untuk dimasukkan dalam sebuah frame. Frame ini merupakan barisan kode yang terdiri dari data sensor dan tujuan pengiriman. Selain melakukan proses data sensor, mikrokontroler bertugas untuk melakukan pengubahan alamat tujuan yang dituju dalam pengiriman agar sesuai yang diinginkan.

2.5 *Zigbee* 802.15.4

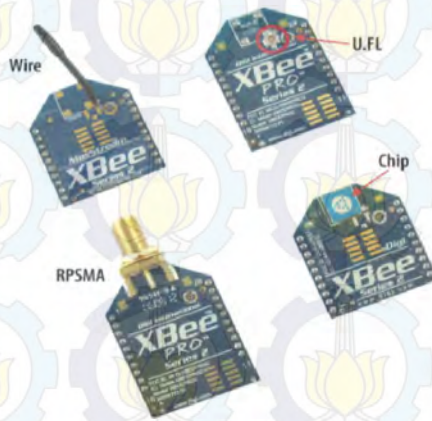
Zigbee adalah sebuah spesifikasi protokol komunikasi radio digital berdayarendah berdasarkan spesifikasi IEEE 802.15.4 tahun 2003 dan *Zigbee* Alliencedengan jangkauan maksimal 100 meter. Spesifikasi IEEE 802.15.4 merupakdasar dari *Zigbee* untuk lapisan bawah MAC dan PHY serta menentukan standarradio 2,4 GHz yang digunakan dunia.

Hubungan antara IEEE 802.15.4 dengan *Zigbee* adalah seperti hubungan antara IEEE 802.11 dengan Wi-Fi. Perbedaan mendasar antara *Zigbee* dan IEEE 802.15.4 adalah pada cakupan layer yang ditangani, IEEE 802.15.4 fokus pada 2 layer terbawah, yaitu lapisan fisik dan lapisan MAC (*Media Access Control*). Sedangkan *Zigbee* menangani 2 protokol lainnya, yaitu lapisan *wireless* dan lapisan aplikasi.

2.6.1 Perangkat *Zigbee*

XBee adalah brand yang mensupport dari berbagai protokol komunikasitermasuk *Zigbee* 802.15.4 dan WiFi. Gambar Xbee modul diperlihatkan pada gambar 2.11.

Standar protokol *Zigbee* sama dengan standar Bluetooth. Manufaktur perangkat suatu pabrik sepenuhnya support dengan standar *Zigbee* yang dapat berkomunikasi dengan perangkat *Zigbee* buatan pabrik lainnya.



Gambar 2. 11 Xbee Module Berprotokol *Zigbee*

Tabel 2. 3 Spesifikasi Xbee

| Spesifikasi | XBee |
|---------------------------------------|---|
| Indor/Urban Range | 40 m |
| <i>Outdoor</i> RF line of sight Range | 120 m |
| Transmit Power Output | 2mW (+3dBm), boost mode <i>enabled</i> 1.25mW (+1dBm), boost mode disabled |
| RF Data Rate | 250.000 bps |
| Serial Interface Data Rate | 1200 – 115200 bps |
| Receiver Sensitivity | -96 dBm, boost mode <i>enabled</i> -95 dBm, boost mode disabled |
| Power Requirements | |
| Supply Voltage | 2.7 – 3.6 V |
| Transmit Current (typical) | 35mA (@ 3.3 V, boost mode disabled) 40mA (@ 3.3 V, boost mode <i>enabled</i>) |

| | |
|--|---|
| Idle / Receive Current (typical) | 38mA (@ 3.3 V, boost mode disabled) 40mA (@ 3.3 V, boost mode enabled) |
| Power0down Current | < 1 μ A |
| Idle Current (Receiver off) | 15mA |
| General | |
| Operating Frequency | ISM Band 2.4 GHz |
| Deimensions | 0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm) |
| Operating Temperature | -40 to 85° C (industrial) |
| Antenna Options | Integrated Whip |
| Wirelessing & Security | |
| Supported <i>Wireless</i> Topologies | Point-to-point, Point to - multipoint & Peer to- peer |
| Number of Channels (software selectable) | 16 Direct Sequence Channels |
| <i>Addressing</i> Options | PAN ID, Channel and <i>Addresses</i> |

Zigbee banyak digunakan di pasaran karena *Zigbee* mempunyai banyak keunggulan yaitu (Gislason, 2008) :

- Jangkauan hingga 100 meter.
- ISM (Industrial, Scientific & Medical) radio bands: 2.4 GHz, 868 MHz dan 915 MHz .
- Konsumsi daya rendah.
- CSMA-CA channel access.
- Jaringan besar (65.000 node)
- Sangat aman (AES enkripsi)
- Jaringan topologi star, mesh dan saling mendukung berbagai aplikasi.
- Interoperabilitas di seluruh dunia dengan produk-produk lainnya

Co-eksistensi dengan media nirkabel lainnya (misalnya, WLAN, Bluetooth, selular). *Zigbee* Menggunakan standar *wireless* untuk transmisi data yang ditentukan oleh IEEE 802.15.4 :

- Data Request artinya pengiriman data
- Data Confirm artinya pengetahuan dari data request
- Data Indication artinya penerimaan data

Zigbee terdiri 2 kata yang dijadikan satu, yaitu dari kata *Zig* dan *Bee*. *Zig* memiliki arti zig – zag, dan *Bee* adalah lebah. *Zigbee* memiliki sifat komunikasi yang mirip dengan lebah yang bergerak secara zig –zag yang tak menentu dalam menyampaikan informasi adanya madu ke lebah yang satu ke lebah yang lainnya. *Zigbee* teknologi yang memfokuskan ke data rate rendah, konsumsi daya rendah, biaya rendah, target protokol jaringan *wireless* untuk aplikasi otomasi dan kendali remote.

Zigbee menggunakan tiga buah band frekuensi yang digunakan secara berbeda – beda dan didefinisikan dalam standar yang tersebar diantara 27 saluran kanal yang berbeda.

Protokol 802.15.4 lebih tahan terhadap noise, hal ini dikarenakan penggunaan *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) untuk memodulasi informasi sebelum dikirim ke lapisan fisik. Pada dasarnya, setiap bit informasi yang akan dikirim dimodulasi menjadi 4 sinyal yang berbeda, proses ini menyebabkan total informasi yang akan dikirimkan untuk menduduki bandwidth yang lebih besar tapi menggunakan kepadatan spektral daya yang rendah.

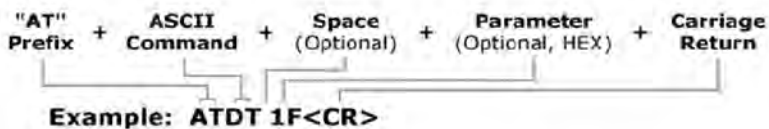
Dengan kecepatan *zigbee* yang hanya 250kbps, yang tergolong rendah tetapi *zigbee* dapat melakukan komunikasi dengan 65000 node *zigbee* dalam waktu yang bersamaan dengan metode komunikasi multihop ad-hoc tanpa harus melakukan pengeaturan apapun pada *zigbee*.

2.6.2 AT Communicationmode

Konfigurasi AT pada raddio dapat digunakan dalam dua mode:

Mode transparan: Mode ini memungkinkan transmisi serial sederhana dan penerimaan satu XBee dengan node remote. Mode ini disebut transparan karena link protokol transparan antara dua node untuk user.

Modus Command: Dalam modus ini, node dapat berkomunikasi langsung dengan komponen radio. AT commands yang digunakan oleh node untuk mengkonfigurasi radio XBee seperti alamat tujuan, PAN (Personal Area *Wireless*) ID, sleep mode dan periode sleep.



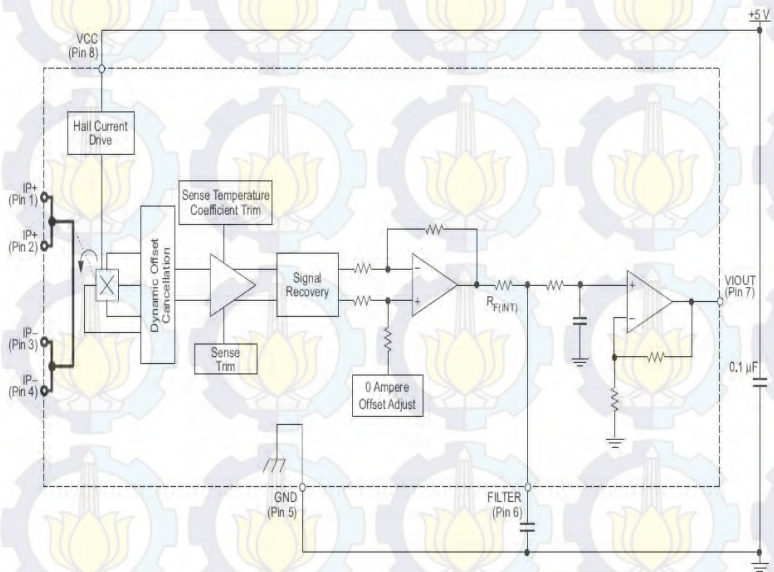
Gambar 2. 12 Aturan AT Commands

2.6 Sensor

Sensor yang digunakan pada proyek akhir ini meliputi sensor arus dan sensor tegangan. Sensor ini digunakan untuk memonitoring kapasitas dari *power supply* yang disini menggunakan supply dari aki. Pada pembacaan hasil nilai sensor ini akan masuk ke ADC mikrokontroler. ADC mikrokontroler yang digunakan ini memiliki jumlah bit 10 sehingga bila sensor yang digunakan nilainya berupa analog maka harus dikonversi dahulu dengan adc mikrokontroler.

2.6.1 Sensor Arus

Pada proyek akhir ini menggunakan ACS712. ACS712 menggunakan hall effect dengan memanfaatkan medan magnetik di sekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Functional blok diagram ACS712-05 terlihat pada gambar 2.13 dan deskripsi pin out IC ACS712-05 terlihat pada tabel 2.4.



Gambar 2. 13 Functional Blok Diagram

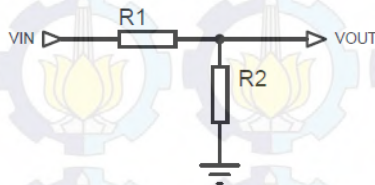
Tabel 2. 4 Deskripsi Pin Sensor Arus ACS712

| No | Nama | Deskripsi |
|-----|--------|--|
| 1,2 | IP + | Terminal untuk arus masukkan sensor |
| 3,4 | IP - | Terminal untuk arus masukkan sensor |
| 5 | Gnd | Terminal ground |
| 6 | Filter | Terminal untuk eksternal capacitor set bandwidth |
| 7 | Viout | Analog output signal |
| 8 | Vcc | Terminal power suply componen |

Sensor ACS712 ini pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2.5V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2.5V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2.5V.

2.6.2 Sensor Tegangan

Pada sensor tegngan digunakan untuk mendeteksi tegangan pada aki saat digunakan. Sensor tegangan ini terdiri dari 2 buah resistor dengan prinsip pembagi tegangan. Tegangan yang dihasilkan akan dibaca oleh ADC mikrokontroler



Gambar 2. 14 Rangkaian Pembagi Tegangan

Nilai tegangan output sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in} \quad (2)$$

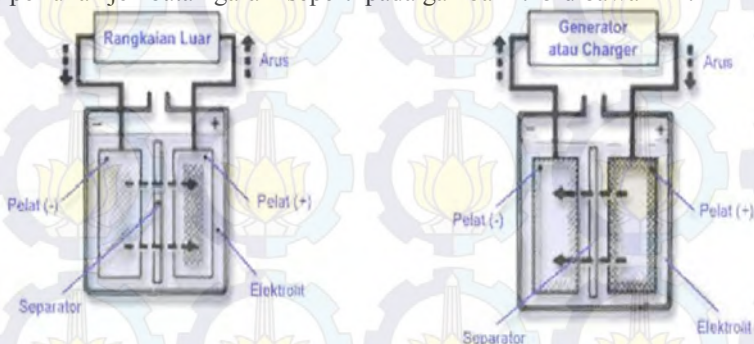
2.7 Power Supply

Power supply yang digunakan pada node sensor ini berupa aki kering. Yang digunakan pada tugas ini menggunakan jenis aki MF. Aki jenis ini dikemas dalam desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air aki. Uap aki yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga dan kembali menjadi air murni yang menjaga level air aki

selalu pada kondisi ideal. Aki jenis ini biasanya terbuat dari basis jenis aki hybrid maupun aki kalsium. yaitu selnya menggunakan materi kalsium.

Pada dasarnya antara beberapa jenis aki di atas adalah sama-sama menggunakan konsep reaksi kimia yaitu cairan elektrolit. Aki yang dipergunakan adalah Panasonic tipe LC-R127R2. Pada aki ini memiliki spesifikasi 12 V/1A. Aki ini memiliki kapasitas 7.2 Ah. Tiap sel aki mempunyai beda potensial 2 volt. Aki 12 volt terdiri atas 6 sel yang dihubungkan seri. Dengan tahanan charge hingga 13.8 V dan untuk tegangan minimum discharge yakni 10.5 V tergantung pada arus yang dikeluarkan. Aki dengan tipe seperti ini biasanya digunakan pada kendaraan motor. Di dalam accu yang bertegangan 12V terdapat enam bagian tempat lempengan pelat, di mana setiap bagiannya menghasilkan tegangan 2V. Keempat bagian ini terkoneksi secara seri sehingga secara keseluruhan tegangan yang dihasilkan menjadi 12V. Pada bagian ujung sisi atas accu terdapat konektor pelat + (Positif) dan - (Negatif). Melalui kedua konektor pelat ini accu dipakai tegangannya (discharge) atau diisi ulang (charge).

Sel aki terdiri atas anode Pb (timbel = timah hitam) dan katode PbO_2 (timbel (IV) oksida). Keduanya merupakan zat padat, yang dicelupkan dalam larutan asam sulfat. Kedua elektrode tersebut, juga hasil reaksinya, tidak larut dalam larutan asam sulfat sehingga tidak diperlukan jembatan garam seperti pada gambar 2.15 dibawah ini:



Gambar 2. 15 Gambaran Aki

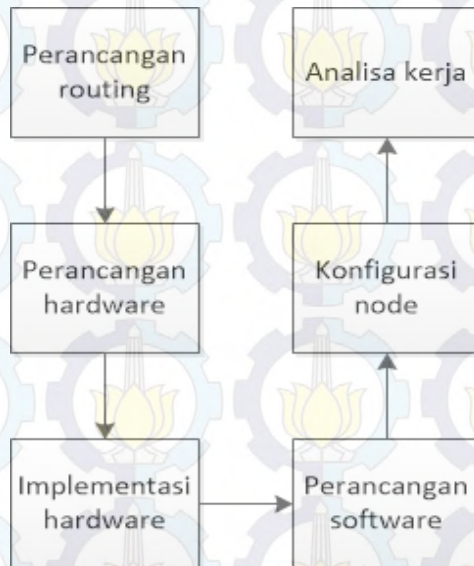


[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ROUTING

Pada Tugas akhir ini akan melakukan implementasi *routing* pada *wireless* sensor *wireless* dengan memonitoring konsumsi daya yang dipergunakan. Dengan menggunakan 1 sever node dan 3 node end device. Berikut flowchart dari pengerjaan tugas akhir ini.



Gambar 3. 1 Metodologi Pengerjaan Sistem Monitoring

Tahapan pengerjaan tugas akhir ini diselesaikan dengan beberapa tahapan seperti pada gambar 3.1. Pada awalnya rancang bangun sistem monitoring ini diawali dengan kegiatan perancangan arsitektur jaringan dan topologi jaringan sesuai kebutuhan.

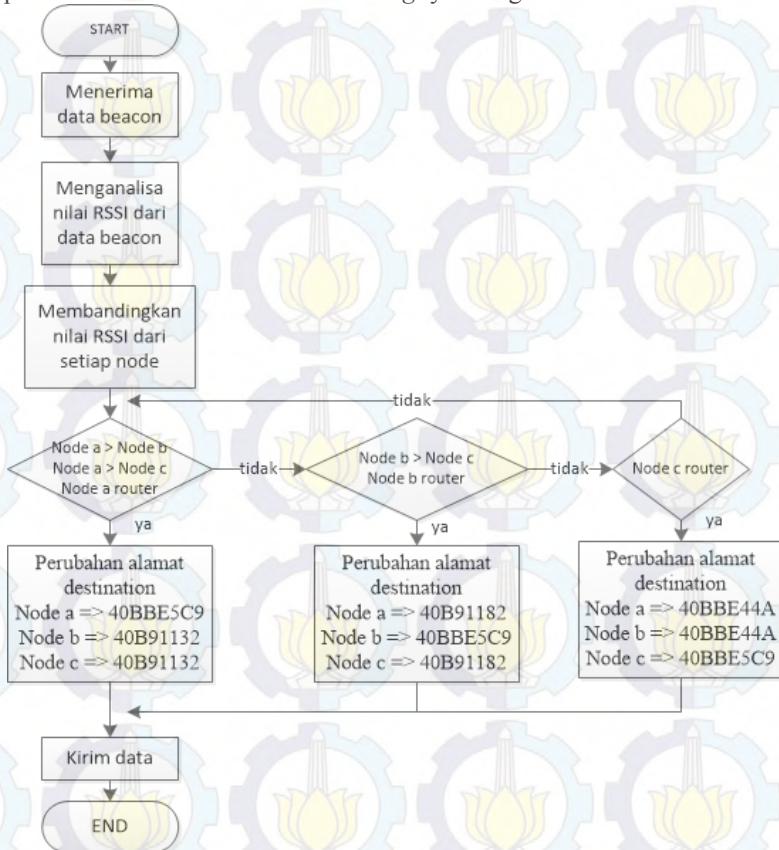
3.1 Arsitektur Perencanaan

Untuk implementasi *routing* pada jaringan sensor nirkabel ini akan menggunakan 3 node dan 1 node server. Untuk pengiriman datanya akan tergantung dengan rute yang ditentukan oleh server. Pengiriman

data sesuai dengan rutanya ini akan memonitoring pemakaian konsumsi daya setiap node. Sehingga selain mengatur *routing* monitoring kapasitas supply juga dilakukan pada tugas akhir ini.

3.2 Perancangan *Routing*

Pada perancangan ini akan merancang sistem *routing* protokol yang desainnya merupakan penyederhanaan dari karakteristik *routing* protokol *LEACH*. Dimana alur *routing*nya sebagai berikut:



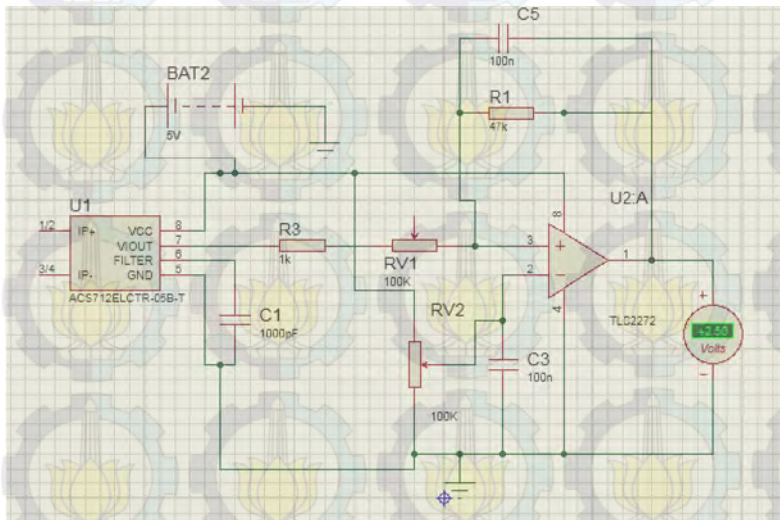
Gambar 3. 2 Diagram Alir Algoritma *routing*

3.3 Perancangan Hardware

Pada Tugas akhir ini akan menggunakan perangkat hardware yang mendukung pada system *routing wireless sensor wireless* ini. Ada beberapa perangkat yang diperlukan untuk mendeteksi kapasitas dari pada *power supply*.

3.3.1 Sensor Arus

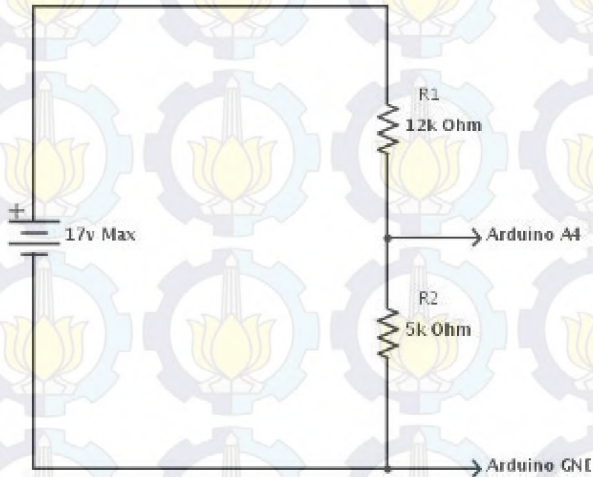
Pada proyek akhir ini menggunakan sensor ACS712-05 yang mempunyai batas ukur arus maksimum 5A dengan sensitifitas 185mV/A, dan tegangan output 2.5Volt pada masukan 0A. Untuk bisa terbaca pada ADC mulai dari 0 dan sensitifitas yang lebih kecil maka perlu ditambahkan rangkaian pengkondisi sinyal keluaran dari sensor ini. Karena pada sistem yang dibuat hanya menghasilkan arus keluaran maksimal 1.5A. Sensitifitas keluaran sensor dibuat per Ampere sebesar 2.5 Volt dan pada saat 0 Ampere tegangan output adalah 0 Volt diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal. Untuk sensor arus dengan pengkondisian sinyal ini menggunakan komponen Op-Amp. Rangkaianannya seperti pada gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3. 3 Sensor Arus dengan Rangkaian Pengkondisian Sinyal

3.3.2 Sensor Tegangan

Pada sensor tegangan ini digunakan untuk mengetahui tegangan yang disediakan oleh akki untuk menyuply keseluruhan rangkaian. Pada sensor tegangan ini menggunakan resistor untuk mendeteksi tegangannya. Rangkaiannya seperti berikut ini :



Gambar 3. 4 Rangkaian Sensor Tegangan

Pemilihan resistor R1 = 12 K Ω ini berdasarkan perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned} V_{out} &= \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in} \\ R1 &= \frac{V_{in} \times R2}{V_{out}} - R2 \\ R1 &= \frac{12V \times 5k\Omega}{3.5V} - 5k\Omega \\ R1 &= 12.14 k\Omega \end{aligned}$$

Resistor yang digunakan yang mendekati yakni 12 k Ω .

3.3.3 Rangkaian Akki

Akki yang digunakan pada tugas akhir ini memiliki spesifikasi tegangan 12 V dan arus 7A. Dikarenakan pada input mikrokontroler ini batas tegangan yang diperbolehkan adalah 7-12 V pada pin Vin. Untuk menghindari kondisi panas pada IC regulator 5 V pada mikrokontroler maka ditambahkan sebuah komponen untuk menurunkan tegangan hingga kondisi regulator 5 V mikrokontroler tidak terasa panas.

Untuk penurun tegangan ini menggunakan IC L7808. IC ini akan menurunkan tegangan sampai 8V. Pemilihan IC L7808 ini karena tegangan pada pin 5V menghasilkan tegangan kurang dari 4.5 V. Karena sensor yang dipergunakan akan bekerja dengan pemberian tegangan minimal 4.5 V.



Gambar 3. 5 IC L7808

Pin kaki : 1. Input
2. Ground
3. Output

3.4 Perancangan Software

Untuk perancangan software ini untuk mengatur jalannya program yang diinginkan untuk mengatur *routing* pada setiap node. Adapun yang beberapa perangkat lunak yang perlu diinstall dan dikonfigurasi.

3.4.1 Konfigurasi Jaringan XBee

Pada tugas akhir ini menggunakan perangkat *zigbee* untuk komunikasi setiap node. Perangkat *zigbee* yang digunakan adalah produk dari digi internasional. Salah satu perangkat digi internasional yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Xbee S2 dengan daya pancar 2mW.

Pemilihan Xbee S2 ini karena memiliki kemampuan *routing* mesh bila diset pengalamatan tujuan ke router atau ke koordinator semua. Sehingga bila ada node yang mati atau terjadi gangguan Xbee akan mencari route lain.

Untuk konfigurasi dari Xbee ini menggunakan software XCTU. Ada beberapa yang harus diatur pada Xbee ini sebagai berikut:

Node Koordinator

serial number 13A20040BBE5C9

ZNET 2.5 COORDINATOR AT

PAN ID : 234

DH : 0000

DL : FFFF

Power Level : highest

Node 1

Serial number 13A20040B91132

ZNET 2.5 router/end device AT

PAN ID : 234

Power Level : highest

Node 2

Serial number 13A20040B91182

ZNET 2.5 router/end device AT

PAN ID : 234

Power Level : highest

Node 3

Serial number 13A20040BBE44A

ZNET 2.5 router/end device AT

PAN ID : 234

Power Level : highest

Untuk komunikasi dalam satu cluster harus dalam satu PAN ID. Sedangkan untuk sebuah coordinator alamat *destination* harus dalam mode broadcast. Sehingga meskipun node lain yang alamat

*destination*nya tidak ke coordinator tetapi dalam satu pand id maka dapat mendengarkan apa yang dikirim oleh coordinator. Untuk mengatur *destination* server dengan mode broadcast yakni dengan mengatur nilai DH dan DL dengan nilai 0000 untuk DH dan FFFF untuk DL. Sedangkan untuk *destination* setiap node akan diisi dengan nilai id xbee pada coordinator.

Pada xbee ini mempunyai 2 mode operasi yakni AT mode dan API mode. Perbedaan dari 2 mode operasi ini adalah adalah paket data yang dikirimkan. Bila mode API ini data akan dalam satu frame dengan terdapat bagian header yang sudah disediakan sedangkan pada mode operasi AT data yang dikirim sama persis dengan perintah program pada mikrokontroler. Sehingga untuk header pada mode AT ini harus menyusun sendiri agar dapat dikenali pada tujuan.

Pada perangkat *zigbee* ini dapat diatur kondisi daya pancarnya. Mengaturnya ini ada 5 kondisi pada bagian power level. 5 kondisi tersebut sebagai berikut ini:

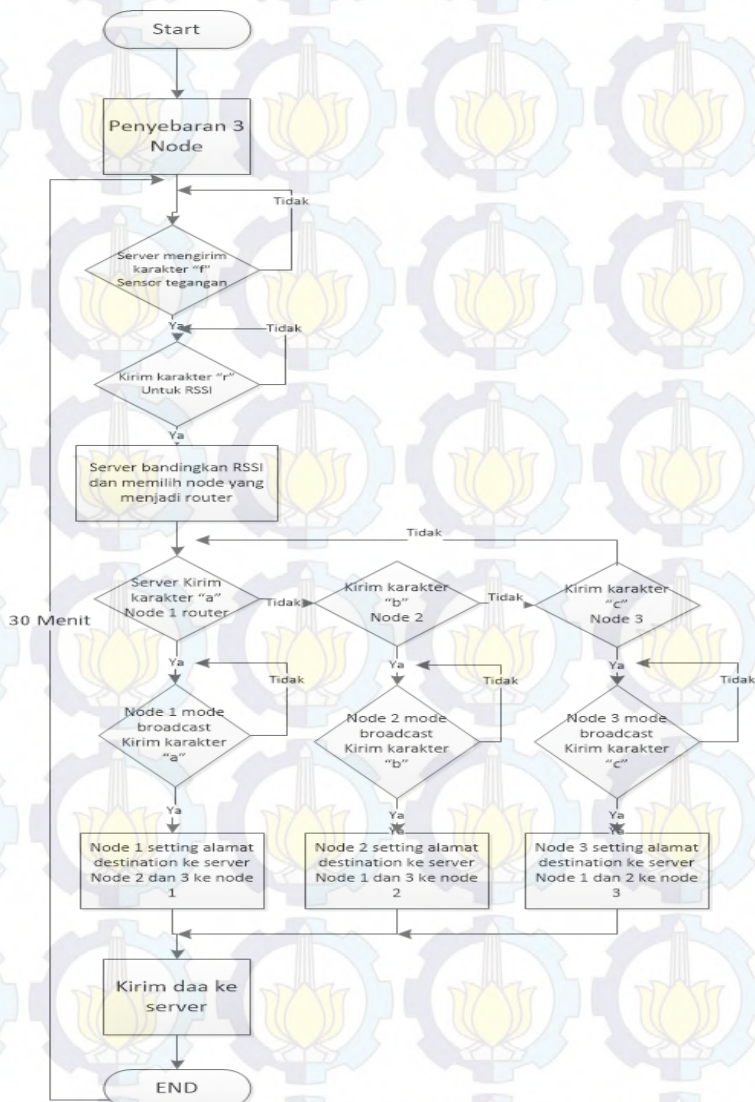
Tabel 3. 1 Kondisi Power Level pada Xbee

| Kondisi | Daya pancar |
|------------|-------------|
| 0. Low | -8 dBm |
| 1. Lowest | -4 dBm |
| 2. Medium | -2 dBm |
| 3. High | 0 dBm |
| 4. Highest | 2 dBm |

Dari power level ini dapat memaksimalkan daya pancarnya dengan memilih yang highest. Kemudian mengaktifkan boost mode *enabled* pada bagian power mode. Mengatur power level dan power mode ini juga mempengaruhi konsumsi daya yang dibutuhkan oleh perangkat *zigbee* ini dimana bila sesuai dengan datasheetnya untuk kondisi transmit bila mengaktifkan boost mode *enable* maka konsumsi arus yang diperlukan adalah 40 mA sedangkan bila mengaktifkan boost mode disable konsumsi arus yang diperlukan adalah 35 mA. Sedangkan saat kondisi received konsumsi arus yang diperlukan adalah 40 mA saat boost mode *enable* dan 38 mA saat boost mode disable.

Dari 5 kategori daya pancar ini dapat mempengaruhi jangkauan layanan dari Xbee tersebut.

3.4.2 Konfigurasi Node



Gambar 3. 6 Proses pada Node

3.4.2.1 Pengukuran Arus

Untuk pemantauan arus yang digunakan oleh setiap node ini menggunakan sensor arus. Sehingga dapat diketahui arus yang digunakan saat kondisi operasi baik saat idle, transmit dan received. Sampling yang digunakan untuk pemakaian arus ini setiap 5 detik. Dari arus ini dapat diketahui kapasitas arus yang dibutuhkan setiap node. Berikut program ADC untuk pembacaan data dari sensor arus:

```
if ((unsigned long) currentMillis-oldTime > 5000)
{
    //rata-rata pembacaan sensor selama 100 kali
    for(int a=1; a<101; a++)
    {
        //convert ke tegangan dari ADC
        adcVolt1 = (analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0)) / 0.0185;
        arus = arus+adcVolt1;
    }
    oldTime = currentMillis;
    arus = arus/100; // rata-rata arus
    jumlaharus = jumlaharus + arus;
}
Kapasitas = jumlaharus*(Millis/1000); // kapasitas dalam
miliAmperesecond
```

3.4.2.2 Pengukuran Tegangan

Untuk pengukuran tegangan pada supply digunakan sensor tegangan. Pemantauan ini untuk mengetahui berapa penurunan tegangan yang disebabkan penggunaan untuk mensupply node. Pengecekannya dilakukan pada awal oprasi bekerja dan saat terkhir operasi. Nilai dari sensor tegangan ini berupa nilai ADC. Untuk mengkonversi nilai tersebut maka program pada mikrokontroler sebagai berikut:

```
void tegangan1() {
    R1 = 12;          R2 = 5;
    vout = ((analogRead(A2) * 5.0) / 1024.0); // konversi nilai
    tegangan dari ADC
    vin = (R2/(R1+R2))/vout; // tegangan supply
    Serial.print(vin); }
```

3.4.2.3 Pengukuran RSSI

Routing yang digunakan pada ini berdasarkan nilai daya terima. Daya terima setiap node dapat dilihat dari nilai RSSI (Received Signal Strength Indicator). Mendapatkan nilai RSSI ini *zigbee* harus menerima data terakhir dari perangkat *zigbee* yang akan dideteksi daya terimanya. Untuk mendapatkan nilai dari RSSI ada 2 cara yaitu dengan menghubungkan PIN 6 xbee (PWM0) ke PIN input digital mikrokontroler. Sedangkan yang kedua dengan masuk ke AT command xbee. Untuk yang menggunakan AT command ini menggunakan perintah program mikrokontroler sebagai berikut:

```
Serial.println("+++"); //membuka AT command
delay(3000);
Serial.println("ATDB"); // mengambil data dengan perintah AT
command
delay(2000);
Serial.println("ATWR"); // untuk menyimpan data ke EEPROM
delay(2000);
Serial.println("ATCN"); // untuk keluar dari AT command
delay(5000);
```

3.4.2.4 Pengaturan *Routing*

Pada bagian pengaturan *routing* ini node sensor akan menerima sebuah karakter dari server untuk mengatur rute data dari nilai RSSI yang dikirim ke server. Pengaturan *routing* ini tidak lain adalah mengatur alamat *destination* setiap node. Dimana mengaturnya seperti berikut ini:

```
Serial.write("+++"); // membuka AT command
delay(3000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATDL(serial number low Xbee tujuan )"); // mengatur
alamat tujuan
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATWR");//menyimpan data ke EEPROM
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATCN"); // menutup AT command
```


3.5 Perancangan dan Pembuatan Protokol

Proses pengiriman data dari setiap node hingga sampai ke server memerlukan sebuah protocol pengiriman. Pada proses ini komunikasi data menggunakan protokol yang disesuaikan agar dapat berlangsung proses multihop dengan benar. Secara umum protokol yang digunakan tersusun dari :

1. Delimiter
Delimiter digunakan sebagai karakter awal dari protokol maupun untuk pemisah data yang akan dikirim. Untuk awal protokol pada pengiriman data ini menggunakan “+”.
2. Alamat pengirim
Alamat yang menunjukkan ID node. Pada alamat pengirim ini agar membedakan setiap node.
3. ID Data
Data yang dikirim setiap node ada 4 data untuk membedakannya menggunakan ID berbeda-beda untuk dapat dikenali.
4. Data
Data yang akan dikirim.
5. Terminator
Menunjukkan akhir dari protokol. Untuk memisahkan data pertama dengan data yang berikutnya. Untuk tugas akhir ini memakai karakter “#”.

Node yang digunakan berjumlah 3 buah. Untuk membedakan antar node menggunakan sebuah karakter untuk bisa dikenali. Pengalamatan setiap node dengan menggunakan ID yang berbeda-beda seperti berikut:

Tabel 3. 2 ID Setiap Node

| Node | ID node |
|------|---------|
| 1 | \$ |
| 2 | @ |
| 3 | * |

- a. Protokol pengiriman data tegangan
 Protokol ini digunakan untuk pengiriman data sensor tegangan pada setiap node.

Format protokol

| | | | | |
|-----|----|---------|------|---|
| Del | ID | ID Data | Data | T |
|-----|----|---------|------|---|

Keterangan :

| Symbol | Keterangan | Isi | Ukuran |
|---------|------------|-------------|--------|
| Del | Delimiter | + | 8 bit |
| ID | ID node | ID node | 8 bit |
| ID data | ID data | 1 | 8 bit |
| Data | Data | Data sensor | 40 bit |
| T | Terminator | #- | 16 bit |

- b. Protokol pengiriman data arus
 Protokol ini digunakan untuk pengiriman data sensor arus pada setiap node.

Format protokol

| | | | | |
|-----|----|---------|------|---|
| Del | ID | ID Data | Data | T |
|-----|----|---------|------|---|

Keterangan :

| Symbol | Keterangan | Isi | Ukuran |
|---------|------------|-------------|--------|
| Del | Delimiter | + | 8 bit |
| ID | ID node | ID node | 8 bit |
| ID data | ID data | 2 | 8 bit |
| Data | Data | Data sensor | 72 bit |
| T | Terminator | #- | 16 bit |

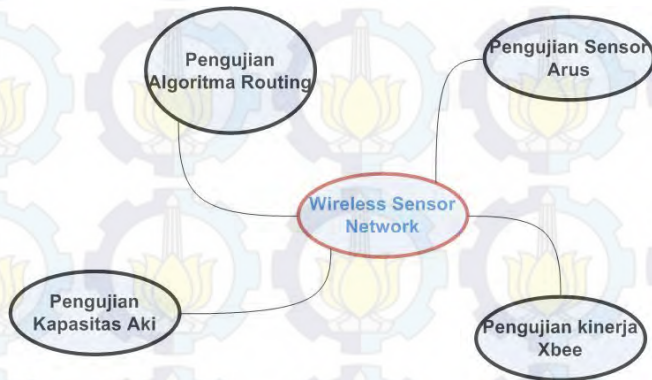
- c. Protokol pengiriman RSSI

Protokol ini digunakan untuk pengiriman data RSSI. Dikarenakan RSSI merupakan respons dari xbee sehingga untuk pengiriman protokol datanya lebih susah. Ini dikarenakan pengambilan datanya serial. Sehingga solusinya dengan tiap digit disisipkan id node untuk membedakan dengan node lain.

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengujian dan analisa terhadap beberapa algoritma yang telah dirancang dan dibuat pada bab sebelumnya. Pengujian dan analisa yang akan dilakukan dalam sistem ini ditunjukkan pada gambar 4.1 yang meliputi:



Gambar 4. 1 Blok Diagram Pengujian

Pada bagian bab ini akan dilakukan analisa dari pengukuran yang dilaksanakan. Seperti pada gambar 4.1 diatas ini akan melakukan pengukuran antara lain pengujian sensor arus, pengujian kapasitas aki, pengujian kinerja Xbee dan terakhir melakukan pengujian algoritma *routing*. Untuk pengujian sensor arus ini akan dilakukan untuk mengetahui kehandalan dari modul yang digunakan. Apakah dapat mengukur arus dengan nilai berorde mA. Untuk pengujian kapasitas aki ini digunakan untuk mengetahui kapasitas pemakaian aki. Sedangkan untuk pengujian kinerja Xbee ini untuk mengetahui seberapa jauh Xbee dapat menjangkau. Dari ketiga pengkian ini untuk mendukung daripengukuran algoritma *routing* yang dibangun. Dimana *routing* yang dibangun ini berdasar pada efisiensi daya.

Pada pengukuran ini dilakukan pada ruangan laboratorium teknik telekomunikasi multimedia ruangan B304 dan B306. Dengan kondisi laboratorium seperti pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4. 2 Denah Laboratorium B306 dan B304

Tampak pada gambar 4.2 bahwa didalam ruangan laboratorium terdapat berbagai perabotan yang akan mempengaruhi transmisi data pada Xbee. Nilai dari redaman yang terdapat pada ruangan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Nilai Redaman Beberapa Material Penghalang

| Material | Nilai redaman (dB) |
|-----------------|--------------------|
| Dinding Bata | 4 |
| Kaca | 2 |
| Kayu | 3 |
| Beton Bertulang | 10 |
| Partisi Lunak | 2 |

4.1 Pengujian Sensor Arus

Sensor arus ini digunakan untuk mengetahui besar arus yang dibutuhkan setiap node. Pada pengujian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui sensitifitas dan output dari sensor arus itu sendiri sehingga mampu terbaca oleh ADC mikrokontroler.

4.1.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang dibutuhkan untuk menguji kinerja dari sensor arus yakni :

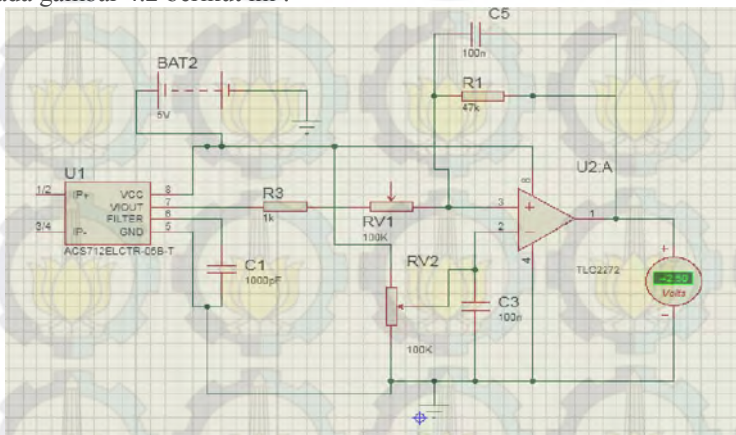
1. Rangkaian sensor arus ACS712-05 1 modul
2. *Power supply* (Aki) 1 buah

3. Amperemeter digital
4. Obeng trim
5. Japit buaya
6. Resistor 10 Ω 5Watt

1 set
1 buah
Secukupnya
2 buah

4.1.2 Skema Pengujian

Untuk skema pengujian modul sensor arus ACS712-05 terlihat pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4. 3 Rangkaian Pengujian Sensor Arus

4.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian sederhana dapat dilakukan dengan langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Hubungkan VCC (pin 1) pada sensor arus dengan sumber tegangan 5 Volt dan pin 4 dengan ground.
2. Ukur tegangan Out (pin 2) pada sensor arus dengan voltmeter.
3. Jika tidak ada arus yang lewat melalui input, maka Out akan bernilai sekitar 2,5 Volt.
4. Jika sensor arus dilengkapi dengan OpAmp, maka atur Offset (VR2) sehingga nilai Out_Amp menjadi sekitar 2,5 Volt.
5. Lewatkan arus listrik dari *power supply* dengan beban sebuah resistor melalui jalur input. Semakin besar arus yang melewati input, semakin besar pula perubahan tegangan pada pin Out dan pin Out_Amp.

6. Karena sifat dari rangkaian OpAmp yang digunakan, jika tegangan Out lebih kecil dari 2,5 Volt, maka tegangan Out Amp akan lebih besar dari pada 2,5 Volt.
7. Sebaliknya, jika tegangan Out lebih besar dari 2,5Volt, maka tegangan Out Amp akan lebih kecil dari pada 2,5 Volt.

4.2 Pengujian Kapasitas Aki

Aki ini sebagai *power supply* pada setiap node. Dibutuhkan sebuah data untuk mengetahui kapasitas dari aki tersebut. Dilakukan pengujian untuk mengetahui kapasitas aki terhadap penurunan tegangan.

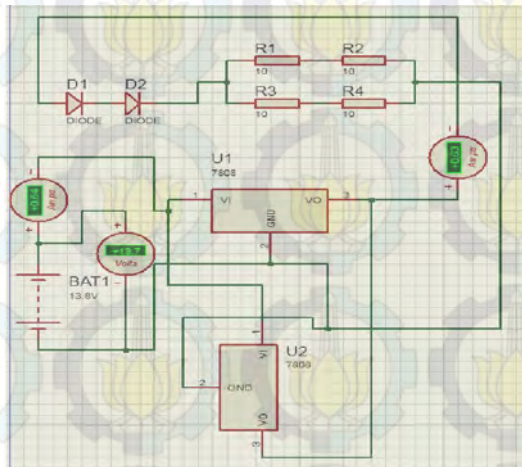
4.2.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang dibutuhkan untuk menguji kapasitas aki yakni :

- | | |
|---------------------------|----------|
| 1. Resistor 5W10 Ω | : 4 buah |
| 2. IC L7808 | : 2 buah |
| 3. Diode | : 2 buah |
| 4. Avo meter | : 1 buah |

4.2.2 Skema Pengujian

Untuk skema pengujian kapasitas dari aki terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 4 Rangkaian Pengujian Kapasitas Aki

4.2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian untuk mengukur kapasitis aki langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian untuk pengujian dengan merangkai secara paralel IC L7808.
2. Kaki IC L7808 yang Vin dihubungkan ke aki (+) untuk yang ground\dihubungkan ke aki (-).
3. Lalu kaki yang Vout dihubungkan ke 2 diode yang sudah dirangkai seri.
4. Kemudian dari diode tersebut dihubungkan ke resistor. Dengan merangkai 2 buah resistor dipasang seri setelah itu diparalel sehingga tahanannya menjadi 10Ω
5. Kemudian dihubungkan ke aki. Setelah itu mengukur arus yang melewati rangkaian tersebut.
6. Didapat arus sebesar 630 mA
7. Lalu melakukan sampling selama 10 menit sekali untuk mengukur tegangan pada aki.
8. Menurut datasheet dengan pemakain arus 600mA maka aki akan bekerja selama 10 jam. Sehingga dilakukan sampling selama 10 jam hingga tegangan mencapai 10.8 V

4.2.4 Data Pengujian

Untuk hasil data pengujian kapasitis aki ini dapat dilihat pada halaman lampiran. Dari data pengujian ini dapat dipergunakan untuk mengetahui sisa kapasitis aki dari mengukur tegangannya.

Untuk perhitungan kapasitis ini menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{kapasitas} = \text{kapasitas sebelum} + I * t \quad (1)$$

4.2.5 Analisa Pengujian Aki

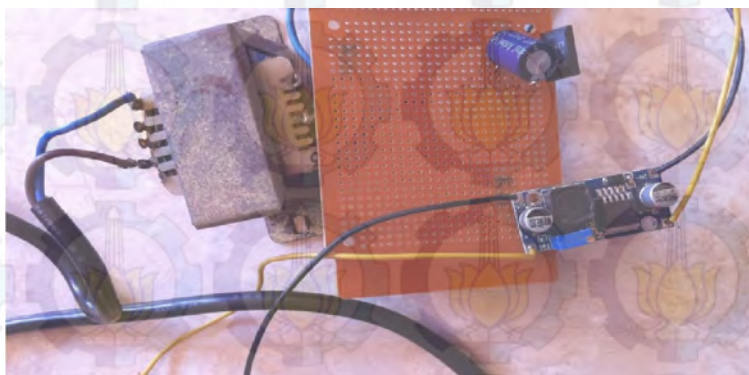
Pada pengujian aki ini menggunakan regulator penurun tegangan agar menghasilkan penyerapan arus konstan sebesar 630 mA. Dimana nilai ini didapat dengan penurunan tegangan dari 13.8 V menjadi 8 V dengan IC L7808 kemudian diturunkan kembali dengan 2 diode seri yang menurunkan tegangan sebesar 1.58 V. Sehingga pada resistor didapat tegangan 6.3V. Dengan nilai resistor 10 Ω ini akan menyerap arus sebesar 630 mA.

Setelah melakukan pengujian aki ini didapat nilai penurunan tegangan yang diukur setiap 10 menit sekali. Saat tegangan mencapai 11V ini penurunannya sangat cepat. Dengan data ini lalu dihitung nilai kapasitasnya seperti pada rumus . pengujian ini dilakukan selama 10 jam dikarenakan pada datasheet aki tertulis untuk tegangan full aki paada 13.8 V dan pemakaian arus sebesar 600 mA ini dapat digunakan selama 10 jam dengan batas pemakain mencapai tegangan 10.8 V.Seperti pada table berikut :

Tabel 4. 2 Penggunaan Arus pada Aki

| Cut-off (V) | 6h | 10h | 20h |
|-------------|-------|-------|-------|
| 9.6V | 1.02 | 0.67 | 0.363 |
| 9.9 V | 1.01 | 0.667 | 0.362 |
| 10.2 V | 1 | 0.66 | 0.361 |
| 10.5 V | 0.988 | 0.657 | 0.36 |
| 10.8 V | 0.972 | 0.650 | 0.358 |

Bila sudah sampai tegangan 10.8 V ini aki sudah tidak dapat digunakan kembali. Kemudian dilakukan charge aki kembali. Bila menggunakan charge aki sepeda motor akan cepat mencapai tegangan puncak tetapi dalam penggunaannya akan mengalami penggunaan yang cepat habis. Dan tegangan puncanya tidak sama dengan datasheet. Sehingga dilakukkan charge dengan menggunakan rangkain yang menggunakan trafo. Rangkaianya seperti berikut ini:



Gambar 4. 5 Rangkaian Charge Aki

Terdiri dari :

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 1. Trafo CT | : 1 buah |
| 2. Kabel bunting | : 1 buah |
| 3. Modul DC to DC converter | : 1 buah |
| 4. Kapasitor | : 1 buah |
| 5. Diode sisir | : 1 buah |

Bila menggunakan rangkaian ini arus yang dihasilkan adalah 1

A. Untuk mencapai tegangan puncak diperlukan charge selama 10 jam. Pada penggunaannya juga lebih sabil dari pada menggunakan charger aki sepeda motor dengan tegangan puncaknya mencapai 13.8 V sama seperti pada datasheet.

4.3 Pengujian Kinerja Xbee

Pada pengujian kinerja Xbee ini dilakukan dengan pengujian nilai RSSI pada jarak yang berbeda-beda dan kondisi ruang yang berbeda juga. Kondisi jarak dan ruang ini mempengaruhi nilai RSSI karena dipengaruhi oleh pantulan.

4.3.1 Pengujian RSSI Terhadap Jarak

Pada pengujian kinerja Xbee ini dilakukan dengan memonitoring nilai daya terima dalam bentuk RSSI terhadap perubahan jarak. Pada pengujian ini menggunakan komunikasi *point to point* antara 2 Xbee. Dengan salah satu mengirim data *beacon* terus menerus dan pada sisi penerima akan menganalisa setiap pengiriman data *beacon* agar diperoleh nilai daya terimanya dalam bentuk nilai RSSI. Pada Xbee ini nilai yang didapat dengan tipe data hexadecimal kemudian diubah kedesimal.

Untuk kondisi pada luar ruangan pengaruh dari pantulan hanya sedikit dari pada didalam ruangan sehingga ini mempengaruhi redaman propagasi. Pengujian diluar ruangan dilakuakn pada lapangan sebelah lapangan futsal jurusan elektro. Sedangkan untuk yang didalam ruangan dilakukan di lab B304. Untuk kondisi didalam ruangan lab B304 terdapat benda-benda yang mengakibatkan pantulan sehingga redamannya menjadi besar. Maka hasil pengukuran ini dipengaruhi oleh jarak dan kondisi ruang. Berikut hasil pengukuran rssi didalam dan diluar ruangan:

Tabel 4. 3 RSSI Terhadap Jarak Kondisi pada *Outdoor*

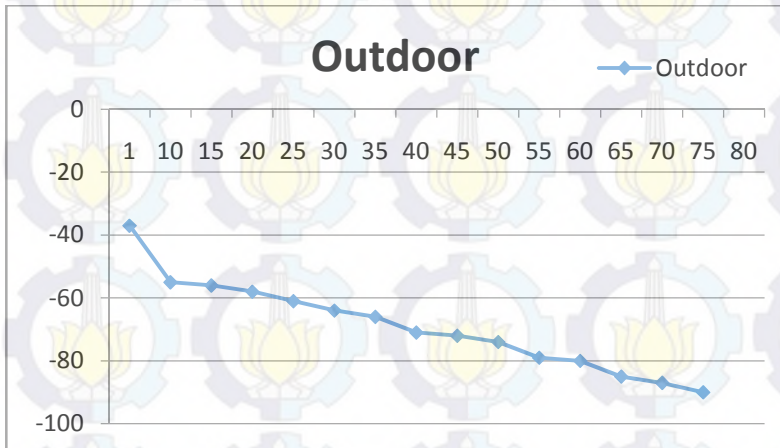
| Jarak (m) | RSSI (dBm) |
|-----------|------------|
| 1 | -37 |
| 10 | -55 |
| 15 | -56 |
| 20 | -58 |
| 25 | -61 |
| 30 | -64 |
| 35 | -66 |
| 40 | -71 |
| 45 | -72 |
| 50 | -74 |
| 55 | -79 |
| 60 | -80 |
| 65 | -85 |
| 70 | -87 |
| 75 | -90 |
| 80 | - |

Tabel 4. 4 RSSI Terhadap jarak kondisi *indoor*

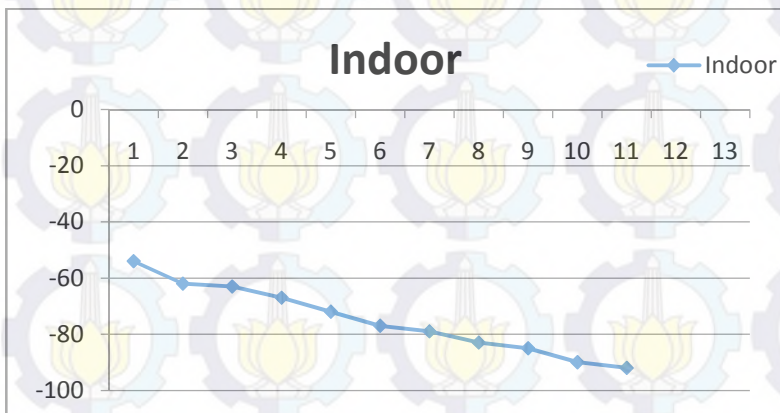
| Jarak (m) | RSSI (dBm) |
|-----------|------------|
| 1 | -54 |
| 2 | -62 |
| 3 | -63 |
| 4 | -67 |
| 5 | -72 |
| 6 | -77 |
| 7 | -79 |
| 8 | -83 |
| 9 | -85 |
| 10 | -90 |
| 11 | -92 |
| 12 | - |
| 13 | - |

Pada pengujian Xbee pada saat ditempatkn pada lokasi *indoor* dan *outdoor* ini terlihat tampak jelas perbedaannya. Pada saat ditempatkan pada lokasi *outdoor* jarak jangkauannya lebih jauh dari Pada saat ditempatkan pada lokasi *indoor*. Daya terima pada 2 lokasi ini

dipengaruhi oleh kondisi dari lokasi karena, pada saat ditempatkan di *outdoor* nilai redamannya kecil karena penghalang dan pantulannya sedikit sedangkan saat ditempatkan di *indoor* pantulan yang ditimbulkan oleh benda-benda yang ada di ruangan mempengaruhi daya sinyal yang diterima.



Gambar 4. 6 RSSI Terhadap Jarak Pengukuran di *Outdoor*



Gambar 4. 7 RSSI Terhadap Jarak Pengukuran di *Indoor*

Perbedaan ini terlihat pada jarak 10 m saat diukur di lokasi *indoor* didapat nilai RSSI mencapai -90 dBm sedangkan saat di lokasi *outdoor* nilainya RSSI lebih kuat yakni -55 dBm. Sedangkan saat di *indoor* xbee sudah tidak berkomunikasi lagi pada jarak 12 m sedangkan di *outdoor* pada jarak 80 m.

4.3.2 Pengujian Xbee Terhadap Power Level

Pada Xbee, daya pancarnya dapat diubah level dayanya. Perubahan ini mempengaruhi nilai RSSI nya. Dari datasheet didapat nilai daya pancar setiap power level berbeda-beda seperti pada tabel 3.1. Pengujian ini dilakukan pada kondisi *outdoor* dengan mengatur perubahan jarak dan mode power levelnya. Penggunaan power level ini berpengaruh pada maksimal jangkauan dari daya pancarnya.

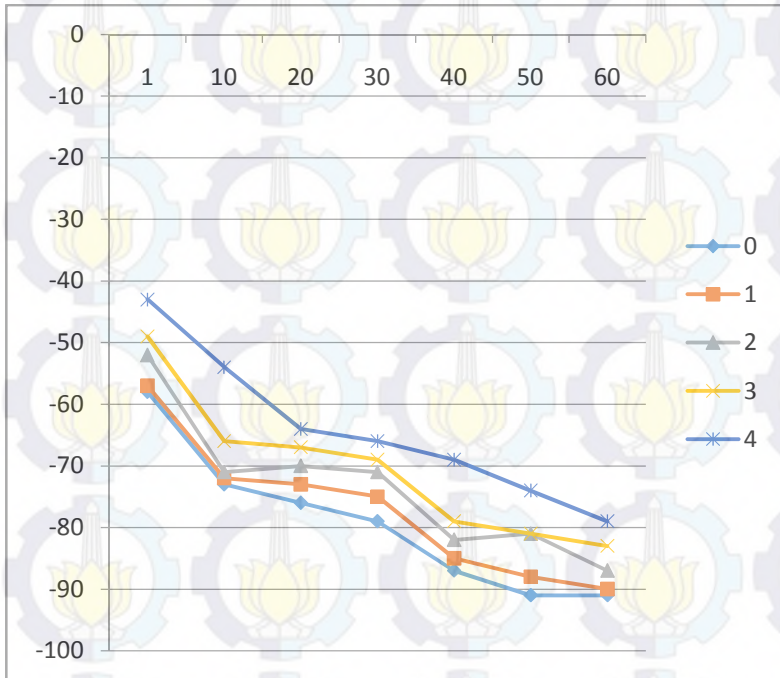
Hasil yang didapat dari pengujian power level terhadap perubahan jarak sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Pengujian Power Level Terhadap jarak

| Jarak (m) | Mode Xbee | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | -8 dBm | -4 dBm | -2 dBm | 0 dBm | 2 dBm |
| 1 | -58 | -57 | -52 | -49 | -43 |
| 10 | -73 | -72 | -71 | - 66 | -54 |
| 20 | -76 | -73 | -70 | - 67 | -64 |
| 30 | -79 | -75 | -71 | -69 | -66 |
| 40 | -87 | -85 | -82 | - 79 | -69 |
| 50 | -91 | -88 | -81 | - 81 | -74 |
| 60 | -91 | -90 | -87 | -83 | -79 |

Terlihat pada tabel 4.4 ini perubahan power level mempengaruhi nilai daya pancar pada perubahan jarak. Pada power level 0 jarak jangkauan 50 m dan 60 m sudah mencapai -91 dBm dan tidak bisa lebih dari ini lagi. Sedangkan saat power level ke 4 jarak jangkauan 60 m nilai RSSI mencapai -79 dBm. Ini menunjukkan bila daya pancar mempengaruhi jarak jangkauan pula karena pada power level ke 0 daya pancarnya -8dBm dan power level ke 4 daya pancarnya 2dBm. Sehingga semakin tinggi daya pancarnya jarak jangkauannya lebih jauh dan daya terimanya lebih kuat saat power level ke 4 dari pada

ke 0 pada jarak yang sama. Berikut gambar grafik perbandingan penggunaan power level pada xbee terhadap jarak yang ditentukan oleh nilai RSSI.



Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran Power Level Terhadap Jarak

Pada gambar 4.8 terlihat grafik pengukuran power level terhadap jarak. Tampak penggunaan daya pancar yang berbeda maka mempengaruhi daya terimanya. Sehingga untuk aplikasi xbee untuk komunikasi pada jaringan yang besar sebaiknya menggunakan power level yang tinggi agar jangkauannya lebih jauh.

4.3.3 Pengujian Konsumsi Daya pada Xbee

Pada pengujian konsumsi daya ini dipengaruhi oleh konsumsi daya saat transmit dan received. Arus yang diserap oleh xbee saat transmit adalah 35 mA dan saat received arus yang diserap adalah 38

mA. Kondisi ini saat menggunakan boost mode disable. Sehingga konsumsi dayanya dipengaruhi seberapa sering xbee dalam kondisi received dari pada transmit. Selain itu jumlah data yang dikirim dan di forward juga mempengaruhi daya yang dibutuhkan. Apalagi bila xbee tersebut sebagai forwarding data.

Topologi yang digunakan pada *routing* ini adalah tree dan bus. Pada pembangunan *routing* ini alurnya sebagai berikut :

1. Setiap node mengirimkan nilai tegangan batrei.
2. Setiap node mengirimkan data *beacon*. Dari data *beacon* ini dianalisa nilai RSSI.
3. Node server membandingkan nilai RSSI dari setiap node dan yang terkuat akan menjadi router.
4. Yang menjadi router akan berfungsi sebagai forwarding data dan sekaligus pengiriman data untuk data dari dirinya sendiri.
5. Untuk sampai langkah ke 4 ini bisa membentuk topologi tree.
6. Sedangkan untuk topologi bus node yang terpilih sebagai router disebut sebagai hop1.
7. Hop1 ini akan mengirimkan data agar node yang lain mengirimkan data *beacon* untuk dapat dianalisa nilai RSSI.
8. Kemudian router membandingkan dan memilih node yang memiliki RSSI yang terkuat.
9. Node dengan RSSI yang terkuat akan digunakan sebagai hop2 yang berikutnya.
10. Lalu node dengan RSSI yang terlemah sebagai hop terakhir.
11. Kemudian untuk pengiriman datanya bila menggunakan topologi tree maka node akan mengirim data ke node yang sebagai router lalu router akan mengirimkan kembali ke server. Sedangkan untuk topologi bus hop terakhir akan mengirimkan datanya ke hop 2 lalu dikirim kembali ke hop 1 kemudian dikirim kembali ke server. Sehingga node yang menjadi router atau hop berfungsi sebagai forwarding data sekaligus untuk pengiriman data miliknya sendiri. Untuk yang hop maka semua hop akan dilewati untuk data yang dari hop terakhir.

Tabel 4. 6 Pengukuran Efisiensi Daya pada Jaringan Sensor Nirkabel

| | Tegangan (V) | Tegangan yang digunakan (V) | RSSI (dbm) | Posisi | | | jarak | Jumlah data | kapasitas awal | Kapasitas yang digunakan |
|---------------|--------------|-----------------------------|------------|--------|----|------|-------|-------------|----------------|--------------------------|
| Topologi Tree | | | | | | | | | | |
| node1 | 12.05 | 0.09 | 72 | | | | 5 | 86 | 158.08 | 26.48 |
| node2 | 12.42 | 0.29 | 67 | router | | | 4 | 120 | 270.44 | 89.88 |
| node3 | 12.43 | 0.1 | 77 | | | | 3 | 111 | 276.44 | 27.44 |
| Topologi Bus | | | | | | | | | | |
| node1 | 11.96 | 0.1 | 72 | 53 | 83 | hop3 | 5 | 86 | 131.6 | 32.7 |
| node2 | 12.13 | 0.33 | 67 | | | hop1 | 4 | 120 | 180.56 | 88.28 |
| node3 | 12.33 | 0.16 | 77 | 51 | 81 | hop2 | 3 | 111 | 249 | 52.5 |
| Topologi Tree | | | | | | | | | | |
| node1 | 11.81 | 0.14 | 56 | router | | | 5 | 90 | 92.28 | 39.32 |
| node2 | 11.98 | 0.08 | 62 | | | | 7 | 37 | 138.22 | 24.77 |
| node3 | 12.17 | 0.06 | 63 | | | | 8 | 36 | 196.09 | 24.77 |
| Topologi Bus | | | | | | | | | | |
| node1 | 11.67 | 0.17 | 56 | | | hop1 | 5 | 90 | 52.96 | 41.1 |
| node2 | 11.9 | 0.14 | 62 | 49 | 73 | hop2 | 7 | 37 | 113.45 | 38.03 |
| node3 | 12.11 | 0.1 | 63 | 51 | 81 | hop3 | 8 | 36 | 171.32 | 26.48 |

Dari tabel 4.5 diatas terlihat bahwa jumlah data yang dikirim mempengaruhi kapasitas baterai yang dipergunakan. Semakin banyak data yang digunakan maka semakin banyak juga kapasitas baterai yang digunakan. Selain itu node yang sebagai forwarding data juga memerlukan kapasitas yang lebih banyak. Pemilihan untuk menjadi router ini menentukan node mana yang sebagai forwarding data.

Untuk perbedaan topologi yang digunakan mempengaruhi daya yang digunakan tetapi pada topologi bus ini dapat menjangkau node yang jaraknya paling jauh dari server.

4.4 Pengujian Algoritma *Routing*

Pengujian algoritma *routing* ini digunakan untuk mengetahui seberapa handal *routing* yang dibangun pada jaringan sensor nirkabel. Dari *routing* yang dipergunakan ini nilai RSSI yang menjadi parameter pemilihan node router.

4.4.1 Prosedur Pengujian

Pada pengujian algoritma *routing* ini memiliki langkah-langkah seperti berikut ini :

1. Melakukan penyebaran 3 node.
2. Server mengirimkan karakter “f” dimana untuk memberi isyarat kepada node agar mengirimkan data sensor tegangan dari baterai.
3. Server mengirim kembali sebuah karakter “r” dimana agar node mengirimkan data beacon untuk dapat menganalisa nilai RSSI. Nilai RSSI ini diperoleh dari daya terima terakhir yang diterima pada node server. Karena RSSI ini menunjukkan kekuatan daya terima pada server terhadap setiap node.
4. Server kemudian membandingkan setiap RSSI dari semua node dan dipilih RSSI mana yang lebih kuat.
5. Setelah server memilih node yang memiliki RSSI terkuat lalu mengirim karakter untuk menentukan node mana yang akan sebagai router. Bila node 1 yang menjadi router akan dikirim karakter “a” node 2 dikirim karakter “b” sedangkan node 3 dikirim karakter “c”.
6. Node yang terpilih menjadi router akan merubah alamat tujuan menjadi 0000FFFF (mode broadcast) agar dapat

memberi tau node yang lain yang tidak dapat menerima pemberitahuan dari server.

7. Node yang tidak menjadi router akan merubah alamat tujuan ke node router. dan node router merubah alamat tujuan ke server.
8. Data dari node akan dikirim ke node router kemudian dikirim ke server.
9. Selama 30 menit kemudian dilakukan perpindahan node.
10. Kemudian server melakukan langkah 2 sampai seterusnya.
11. Dilakukan perpindahan ini 3 kali.
12. Setelah itu server akan mengirim karakter “t” dimana server meminta data sensor arus yang berupa nilai kapasitas batrei yang dipergunakan selama beroperasi.

4.4.2 Data pengujian

Pada pengujian *routing* ini dengan menyebar node terlebih dahulu seperti pada gambar berikut:



Gambar 4. 9 Penyebaran Node pada Ruang

Kemudian setiap node mengirimkan data sensor tegangan dan RSSI untuk inisialisasi awal sebagai pembentuk rute awal. Dari data yang dapat dilihat pada tabel 4.6 tersebut terlihat bahwa tidak hanya jarak yang mempengaruhi nilai dari RSSI melainkan ada parameter lain yang mempengaruhi yaitu kondisi kanal dimana kanal ini berada pada ruangan yang dipengaruhi oleh pantulan-pantulan yang dihasilkan oleh

benda disekitarnya. Terlihat pada node 1 yang jaraknya lebih dekat dari pada node 2 tetapi nilai RSSI dari node 2 lebih tinggi dari pada node 1 yakni -79 dBm. Lalu server mengatur *routing* berdasarkan nilai RSSI yang dapat dilihat pada tabel 4.6. Sehingga rutenya seperti pada gambar 4. 7 berikut ini:



Gambar 4. 10 Router yang Dipilih Node 3

Tabel 4. 7 Data Setiap Node Perpindahan ke 1

| Node | Jarak | RSSI (dBm) | Status |
|------|-------|------------|--------|
| 1 | 7 | -79 | Sukses |
| 2 | 9.8 | -90 | Sukses |
| 3 | 5 | -73 | Sukses |

Node 3 yang menjadi router karena nilai RSSI yang paling kuat (terbesar). Kemudian data dari node 1 dan node 2 akan dikirim ke node 3 lalu pada node 3 dikirim ke server. Beban pada node 3 sangat besar karena bertugas sebagai forwarding data. Karena pada protokol *zigbee* saat receive menyerap arus 38 mA dan saat pengiriman data menyerap arus sebesar 35 mA. Sehingga banyak data yang kirim dan diterima mempengaruhi penggunaan kapasitas baterai. Pada kolom status tersebut artinya bahwa kondisi node masih dapat terjangkau oleh server. Sehingga perintah pada server untuk mengatur alamat *destination* masih dapat diterima.

Setelah 30 menit mengamati data yang dikirim dari setiap node hingga sampai di server dilakukan perpindahan node untuk melihat node

mana lagi yang dapat menjadi router. Dilakukan perpindaahan seperti pada gambar 4.11 berikut ini :



Gambar 4. 11 Perpindahan Node

Dengan langkah seperti yang awal node akan mengirimkan nilai RSSI untuk mengetahui daya terima pada setiap node terhadap server. Sedangkan nilainya seperti pada tabel 4.7 dan rute yang terbentuk seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 12 Router yang Dipilih Node 2

Tabel 4. 8 Data Setiap Node Perpindahan ke 2

| Node | Jarak | RSSI (dBm) | Status |
|------|-------|------------|--------|
| 1 | 7 | -80 | Sukses |
| 2 | 5 | -73 | Sukses |
| 3 | 8.2 | -84 | Sukses |

Node 2 yang menjadi router karena nilai RSSI yang paling kuat(terbesar). Kemudian data dari node 1 dan node 3 akan dikirim ke node 2 lalu pada node 2 dikirim ke server. Beban pada node 2 sangat besar karena bertugas sebagai forwarding data. Pada kondisi ruangan yang banyak benda yang menimbulkan pantulan sehingga nilai RSSI pada node 3 yang berada didalam ruangan menjadi lebih lemah. Sedangkan untuk node 1 dan node 2 yang berada pada ruangan yang sama maka pantulannya disebabkan oleh benda-benda yang ada disekitarnya.

Setelah 30 menit mengamati data yang dikirim dari setiap node hingga sampai di server dilakukan perpindahan node untuk melihat node mana lagi yang dapat menjadi router. Dilakukan perpindaahan seperti pada gambar 4.13 berikut ini :



Gambar 4. 13 Perpindahan Node

Pada gambar 4.13 terlihat penempatan node diletakkan pada ruang yang berbeda. Node 1 diletakkan diluar ruangan laboratorium

B306, node 3 diletakkan pada sub ruangan B306 sedangkan node 2 diletakkan pada ruangan laboratorium B304. Sehingga efek redaman karena pantulan akan mengakibatkan pelemahan daya terima setiap node. Kemudian diminta untuk mengirimkan nilai RSSI setiap node terhadap server. Hasilnya seperti berikut:



Gambar 4. 14 Router yang Dipilih Node 3

Tabel 4. 9 Data Setiap Node Perpindahan ke 3

| Node | Jarak | RSSI (dBm) | Status |
|------|-------|------------|--------|
| 1 | 13 | -97 | Sukses |
| 2 | 12 | - | Gagal |
| 3 | 9.8 | -90 | Sukses |

Dari gambar 4.11 terlihat bahwa node 1 dan node 2 akan mengirimkan datanya ke node 3 lalu node 3 akan forwarding data ke server. Pada kondisi ini node 2 tidak dapat menerima perintah dari server untuk mengirim nilai RSSI sehingga di konfirmasi dari router yang sudah dipilih untuk menjangkau node 2 dengan diminta bergabung (mengatur alamat *destination*) ke router. Sehingga node 2 dapat berkomunikasi dengan server melalui node 3 meskipun seharusnya tidak dapat dijangkau. Kondisi node 2 gagal menerima perintah dari server ini dikarenakan terdapat redaman dinding dan benda-benda yang ada disekitarnya.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan pada bab 4 maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Modul sensor arus ACS 712-05B memiliki sensitivitas 185 mV. Untuk meningkatkan sensitivitasnya menggunakan rangkaian pengkondisian sinyal.
2. Kondisi kanal mempengaruhi nilai daya terima pada Xbee. Kinerja xbee saat digunakan pada daerah *outdoor* jangkauannya lebih jauh dari pada saat *indoor*. Pada jarak 80 m xbee sudah tidak dapat saling berkomunikasi untuk kondisi di outdoor sedangkan untuk kondisi in indoor jarak 12m sudah tidak dapat berkomunikasi.
3. Pengaturan power level pada Xbee mempengaruhi jangkauan pancaran pada xbee. Semakin kecil daya pancarnya maka semakin dekat jarak jangkauannya. Terlihat saat menggunakan power level ke 0 dengan jarak 60m nilai RSSI mencapai -91dBm. Sedangkan pada power level ke 4 pada jarak yang sama nilai RSSI mencapai -79dBm.
4. *Routing* protokol yang dibangun merupakan *routing* terpusat dan mampu bekerja berdasarkan nilai daya terima dengan kondisi posisi node yang linier didepan server.
5. Node yang kemungkinan menjadi router memiliki efisiensi daya pancar untuk keberhasilan pengiriman data. Dimana ditunjukkan oleh nilai RSSI yang lebih kuat dari node yang lain. Seperti ditunjukkan pada pengukuran *routing* ke-1node 3 dengan RSSI -73dBm yang terkuat dari node lain dan menjadi router.
6. Pada *routing* yang dibangun perbandingan penggunaan topologi bus dan tree mempengaruhi konsumsi daya batre karena pada topologi tree node yang sebagai router akan membutuhkan konsumsi batrei yang lebih banyak akan tetapi efisiensi daya pancarnya kuat sedangkan topologi bus

konsumsi batreinya lebih merata dan lebih efisien untuk daya pancarnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan tugas akhir ini adalah :

1. Penambahan node agar kinerja *routing*nya terlihat maksimal.
2. Pada perangkat *zigbee* dapat menggunakan jenis yang lain dari xbee. Karena memiliki spesifikasi yang berbeda.
3. Pembebanan pada setiap node dapat ditambah dengan menambah sensor.


```

void setup() {
    // initialize serial:
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();
    unsigned long currentMillis1 = millis();
    //kapasitas arus
    if ((unsigned long) currentMillis-oldTime > 5000)
    {
        for(int a=1; a<101; a++)
        {
            adcVolt1    = ((analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0)) / 0.0185);
            //convert ke tegangan dari ADC
            arus = arus+adcVolt1;
            //float adcVolt = adcVolt*1000; //merubah Arus A ke mA
        }
        oldTime = currentMillis;
        arus = arus/100;
        jumlaharus = jumlaharus + arus;
    }
    //pengiriman data
    if ((unsigned long) currentMillis1-oldTime1 > 90000)
    {
        sensor2();
        oldTime1 = currentMillis1;
        b++;
    }

}

void serialEvent()
{
    String data = "";
    String comm = "";
    while (Serial.available() != 0){

        comm = comm + char(Serial.read());
    }
}

```

```

        delay(20);
        if(comm == "f")
        {
            delay (1000);
            tegangan1();
            delay (1000);
            tegangan1();
        }
        if(comm == "d")
        {
            delay(1000);
            Serial.write("+++");
            delay(3000);
            Serial.println(" ");
            Serial.println("ATDL40BBE5C9");
            delay(2000);
            Serial.println(" ");
            Serial.println("ATWR");
            delay(2000);
            Serial.println(" ");
            Serial.println("ATCN");
            delay(4000);
            d++;
            Serial.print("+");
            delay(30);
            Serial.print("$2");
            kapasitas= jumlaharus * (10800000/3600000);
            Serial.print(kapasitas,7);

            //Serial.print("0.00000075");
            Serial.print("#");
            delay(30);Serial.println("-");
            delay(500);
        }
        if(comm == "a")
        {
            delay (2000);
            Serial.write("+++");

```



```
delay(3000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATDL40BBE5C9");
delay(2000);
Serial.write("ATWR");
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATCN");
delay(4000);
//Serial.println(Serial.read());
}
else if(comm == "b")
{
delay(2000);
Serial.write("+++");
delay(3000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATDL40B91182");
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATWR");
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATCN");
delay(4000);
}
else if(comm == "c")
{
delay(2000);
Serial.write("+++");
delay(3000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATDL40BBE44A");
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATWR");
delay(2000);
Serial.println(" ");
Serial.write("ATCN");
```

```

        delay(4000);
    }
    else if (comm.startsWith("+") && comm.endsWith("-"))
    {
        Serial.println(comm);
    }
}

```

```

void sensor2(){
    Serial.print("+");
    delay(30);
    Serial.print("$320 10#");
    delay(30);Serial.print("-");
    delay(500);
}

void tegangan1()
{
    vout = ((analogRead(A2) * 5.0) / 1024.0); // see text
    vin = vout / 0.291;
    Serial.print("+");
    delay(30);
    Serial.print("$1");
    Serial.print(vin);
    Serial.print("#");
    delay(30);Serial.println("-");
    delay(500);
}

```


B. Table Pengukuran Kapasitas Aki

$$\text{kapasitas} = \text{kapasitas sebelum} + I * t$$

| Menit ke | Tegangan (V) | Arus (mA) | Kapasitas (Am) |
|----------|--------------|-----------|----------------|
| 0 | 12.68 | 662 | 421.28 |
| 1 | 12.681 | 662 | 414.66 |
| 2 | 12.682 | 662 | 408.04 |
| 3 | 12.683 | 662 | 401.42 |
| 4 | 12.684 | 662 | 394.8 |
| 5 | 12.685 | 662 | 388.18 |
| 6 | 12.686 | 662 | 381.56 |
| 7 | 12.687 | 662 | 375.34 |
| 8 | 12.688 | 662 | 368.72 |
| 9 | 12.689 | 662 | 362.1 |
| 10 | 12.67 | 662 | 355.48 |
| 20 | 12.65 | 662 | 348.86 |
| 30 | 12.63 | 662 | 342.24 |
| 40 | 12.61 | 662 | 335.62 |
| 50 | 12.58 | 662 | 329 |
| 60 | 12.56 | 662 | 322.38 |
| 70 | 12.54 | 662 | 316.16 |
| 80 | 12.52 | 662 | 309.54 |
| 90 | 12.5 | 622 | 302.92 |
| 100 | 12.49 | 662 | 296.3 |
| 110 | 12.47 | 662 | 289.68 |
| 120 | 12.45 | 662 | 283.06 |
| 130 | 12.43 | 662 | 276.44 |
| 140 | 12.41 | 662 | 269.82 |
| 150 | 12.39 | 662 | 263.2 |
| 160 | 12.37 | 662 | 256.58 |
| 170 | 12.34 | 662 | 250.36 |
| 180 | 12.3 | 662 | 243.74 |

| | | | |
|-----|-------|-----|--------|
| 190 | 12.29 | 622 | 237.12 |
| 200 | 12.27 | 662 | 230.5 |
| 210 | 12.26 | 662 | 223.88 |
| 220 | 12.25 | 662 | 217.26 |
| 230 | 12.23 | 662 | 210.64 |
| 240 | 12.21 | 662 | 204.02 |
| 250 | 12.18 | 662 | 197.4 |
| 260 | 12.16 | 662 | 190.78 |
| 270 | 12.14 | 662 | 184.56 |
| 280 | 12.12 | 662 | 177.94 |
| 290 | 12.1 | 622 | 171.32 |
| 300 | 12.08 | 662 | 164.7 |
| 310 | 12.05 | 662 | 158.08 |
| 320 | 12.03 | 662 | 151.46 |
| 330 | 12.01 | 662 | 144.84 |
| 340 | 11.98 | 662 | 138.22 |
| 350 | 11.96 | 662 | 131.6 |
| 360 | 11.94 | 662 | 124.98 |
| 370 | 11.92 | 662 | 118.76 |
| 380 | 11.89 | 662 | 112.14 |
| 390 | 11.87 | 622 | 105.52 |
| 400 | 11.85 | 662 | 98.9 |
| 410 | 11.8 | 662 | 92.28 |
| 420 | 11.79 | 662 | 85.66 |
| 430 | 11.78 | 662 | 79.04 |
| 440 | 11.75 | 662 | 72.42 |
| 450 | 11.73 | 662 | 65.8 |
| 460 | 11.7 | 662 | 59.18 |
| 470 | 11.67 | 662 | 52.96 |
| 480 | 11.64 | 662 | 46.34 |
| 490 | 11.61 | 622 | 39.72 |
| 500 | 11.57 | 662 | 33.1 |

| | | | |
|-----|-------|-----|-------|
| 510 | 11.55 | 662 | 26.48 |
| 520 | 11.5 | 662 | 19.86 |
| 530 | 11.47 | 662 | 13.24 |
| 540 | 11.42 | 662 | 6.62 |
| 550 | 11.39 | 662 | 5.958 |
| 560 | 11.35 | 662 | 5.296 |
| 570 | 11.33 | 662 | 4.634 |
| 580 | 11.24 | 622 | 3.972 |
| 590 | 11.17 | 662 | 3.31 |
| 600 | 11.12 | 662 | 2.648 |
| 610 | 11.04 | 662 | 1.986 |
| 620 | 10.92 | 662 | 1.324 |
| 630 | 10.8 | 662 | 0.662 |
| 640 | 10.52 | 662 | 0 |

C. Lembar Pengesahan

Jurusan Teknik Elektro – FTI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Ifa Afidah Rosulya
Nomer Pokok : 2213105037
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi dan Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Gasal 2014/2015
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Wirawan, DEA
2. Dr. Istas Pratomo, S.T., M.T.

12 FEB 2015

Judul Tugas Akhir : **Implementasi Protokol Routing *Wireless sensor network* (WSN) Pada Mikrokontroler**
(Implementation Routing Protocol *Wireless sensor network* (WSN) of Microcontroller)


Uraian Tugas Akhir :


Salah satu Jaringan nirkabel yang sekarang berkembang pesat yakni *Wireless sensor network* (WSN). WSN ini terdiri dari sensor, mikrokontroler dan wireless sebagai koneksi datanya. WSN ini memerlukan routing protokol untuk pengiriman datanya. Kategori routing protokol pada WSN yang dapat diterapkan yakni Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (*LEACH*). *LEACH* merupakan algoritma efisiensi energi kluster hirarkis yang pertama dan populer untuk WSN yang ditujukan untuk mengurangi konsumsi daya. *LEACH* membagi jaringan menjadi beberapa cluster sensor, yang dibangun dengan menggunakan koordinasi lokal dan kontrol tidak hanya untuk mengurangi jumlah data yang ditransmisikan ke BTS, tetapi juga untuk membuat routing dan data yang lebih terukur. Mengingat bahwa penggunaan energi dari sensor tergantung pada jarak dan ukuran data yang akan dikirimkan, *LEACH* mengirimkan data pada jarak pendek dan mengurangi jumlah transmisi dan operasi penerimaan. Pada Tugas Akhir ini protocol routing akan diimplementasikan langsung ke sensor Dimana terdiri dari beberapa sensor yang menggunakan mikrokontroler dan mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno sedangkan untuk komunikasi datanya menggunakan teknologi zigbee.

Kata Kunci : WSN, *LEACH*, routing protokol

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Wirawan, DEA
NIP. 196311091989031011



Dr. Istas Pratomo, S.T., M.T.
NIP. 197903252003121001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
Multimedia
Ketua,

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi


Koordinator,


Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001


Dr. Ir. Endrovoano, D.E.A.
NIP. 196504041991021001

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shio, Kumar Singh., M, P Singh., D, K Singh . “Routing Protocols in Wireless Sensor Network – A Survey”. Department Of Electronics and Communication Engineering Department, Birsa Institute of Technology, Sindri, Dhanbad – 828123, Jharkhand, India., 2010
- [2] Singh, Pooja., Pareek, Vikas., Ahlawat, Anil K., Hunter., “Performance Comparison of Energy Efficient Protocols for Wireless Sensor Networks (WSN)”. Deptt.of Computer Science, Amity School of Engg. & Tech GSSIPU, New Delhi. India . 2014
- [3] *Nehra, Vibha., Sharma, Ajay K. “PEGASIS-E: Power Efficient Gathering in Sensor Information System Extended”. Sharda University, Greater Noida, India. 2013*
- [4] Lindsey, Stephanie., Raghavendra, Cauligi S. “PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems”. Computer Systems Research Department The Aerospace Corporation. 1996
- [5] Rijal, Achmad Bagus Khoirul., Kristalina, Prima., Santoso, Tribudi. “Simulasi Komunikasi Multihop Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Algoritma H-Leach”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi Laboratorium Digital Signal Processing Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Indonesia. 2005
- [6] Kousa, Maan A. Muqaibel, Ali H. “LAB Manual: EE370 Communication Engineering”. King Fadh University of Petroleum and Minerals. 2011.
- [7] Aribowo, “Optimalisasi Pengisian Solar Cell Dengan Metode Max Power Point Tracker (MPPT) dan Solar Cell Traker”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya. 2013.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIOGRAFI PENULIS



Ifa Afidah Rosuliya dilahirkan di Surabaya. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Wiyung 1 453 Surabaya dari tahun 1998-2004, SMPN 16 Surabaya pada tahun 2004-2007, SMAN 13 Surabaya pada tahun 2007-2010. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan studi D3 di politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi 2010-2013 dan pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi strata 1(S1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Telekomunikasi Multimedia. Penulis menulis buku ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana.